

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERA ELECTRÓNICA**

**TEMA:**  
**DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO PARA**  
**LAS MÁQUINAS CIZALLAS Y PLEGADORAS DE LA EMPRESA**  
**MAPROMEC**

**AUTORA:**  
**TOAPANTA CHICAIZA ANA CRISTINA**


**TUTOR:**  
**MONTALVO LOPEZ WILLIAM MANUEL**

**Quito, marzo 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Ana Cristina Toapanta Chicaiza con documento de identificación 172110119-2 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud que soy la autora del Trabajo de Titulación: “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO PARA LAS MÁQUINAS CIZALLAS Y PLEGADORAS DE LA EMPRESA MAPROMEC”, mismo que se ha optado para optar el título de Ingeniera Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En lo aplicación a lo determinado a la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Ana Cristina Toapanta Chicaiza  
C.I: 172110119-2

Quito, marzo 2019.

### **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO PARA LAS MÁQUINAS CIZALLAS Y PLEGADORAS DE LA EMPRESA MAPROMEC”, realizada por Ana Cristina Toapanta Chicaiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo 2019.



William Manuel Montalvo López

C.I: 171278998-9

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a Dios, y, en especial, a mi hermano Christofer Toapanta Chicaiza, mi angelito que me enseñó que lo imposible solo se vuelve posible para las personas que luchan por sus metas, basta con mirar al cielo y cerrar mis ojos, imaginarme tu sonrisa e impulsarme a salir adelante y permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mi papi, Luis Toapanta, hombre trabajador que con su esfuerzo ha sacado adelante a su familia y junto, de su mano, desde pequeña he recorrido cada etapa de mi vida compartiendo triunfos y fracasos siendo mi inspiración y mi apoyo incondicional para llegar a este punto de mi carrera.

A mi mami, Nancy Chicaiza, mujer maravillosa, trabajadora, amorosa que siempre ha estado junto a su familia y ha estado conmigo en cada etapa de mi vida siendo mi motor para levantarme ante cualquier fracaso y para llegar a este punto de mi carrera.

A mis hermanas Samantha, Abigail y Luisa quienes han recorrido conmigo este sendero, siendo mi fuerza, mi inspiración, mi motor y mi apoyo incondicional para cada día salir adelante.

A mis abuelitos Alfonso, Luz, Manuela y Ángel por cada palabra, cada abrazo y el amor de ellos hacia a mí... ¡Mil gracias!

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme, darme fortaleza y sabiduría para superar todos los obstáculos, en esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por todo su amor, su confianza, que me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus consejos. Cada meta realizada y triunfo se la debo a ellos.

Agradezco a mis hermanas porque siempre han estado junto a mí y han sido y son mi motor e inspiración para cada día.

Agradezco a mis tíos Gustavo, Rocio y Anita por su apoyo incondicional, su amor y por demostrarme la fe que tienen en mí.

Agradezco a mis amigos por su amistad y cada momento compartido en la Universidad.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y a los docentes por todos los conocimientos y formación humana que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a mi tutor de tesis Ingeniero William Montalvo, MSc. por su valiosa guía, confianza, apoyo y asesoramiento para la culminación de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1 Problema de estudio.....	1
1.2 Objetivo general .....	1
1.2.1 Objetivos específicos .....	2
1.3 Justificación .....	2
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	4
<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	4
2.1 Máquinas cizallas .....	4
2.1.1 Máquina cizalla hidráulica.....	4
2.2 Máquina plegadora .....	5
2.2.1 Máquina plegadora hidráulica .....	6
2.3 Comunicación inalámbrica .....	6
2.3.1 Comunicación inalámbrica WiFi .....	7
2.3 Hardware.....	8
2.3.1 Microordenador.....	8

2.3.2 TTGO-ESP32 .....	9
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>10</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>10</b>
3.1 Caracterización de las máquinas cizallas y plegadoras de la empresa Mapromec. ....	10
3.1.1 Máquina cizalla SBF 3006 .....	10
3.1.2 Máquina cizalla MGH 3120 .....	14
3.1.3 Máquina plegadora APHS 31300 .....	16
3.1.4 Máquina plegadora Durmazlar AD-R 30135 .....	20
3.2 Desarrollo del hardware de control .....	22
3.2.1 Circuito de procesamiento de la variable de control.....	22
3.2.2 Diseño de la placa de circuito impreso (PCB).....	24
3.3 Desarrollo del hardware de comunicación inalámbrica. ....	25
3.4 Diseño de red de transmisión inalámbrica .....	27
3.4.1 Topología de la red de transmisión inalámbrica .....	27
3.4.2 Modelo de red .....	29
3.4.3 Transmisión y enrutamiento .....	29
3.5 Diseño del algoritmo para el sistema automático de monitoreo. ....	32
3.5 Implementación del software y hardware .....	38
3.5.1 Implementación de Software Arduino .....	38
3.5.2 Implementación de Software Python y Kivy .....	43
3.5.3 Implementación del Hardware .....	49
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>51</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
4.1 Pruebas de conectividad.....	51
4.2 Prueba de funcionamiento.....	53
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES .....	56

REFERENCIAS .....57

ANEXOS



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Cizalla Hidráulica .....	5
Figura 2.2: Tipos de plegadora.....	5
Figura 2.3: Clasificación de las redes inalámbricas.....	6
Figura 2.4: Protocolos WIFI.....	7
Figura 2.5: Raspberry Pi3 .....	8
Figura 2.6: TTGO-ESP32 .....	9
Figura 3.1: Ciclo de funcionamiento de la maquina cizalla 3006 .....	11
Figura 3.2: Pedal de control .....	12
Figura 3.3: Interruptor de pie .....	14
Figura 3.4: Proceso de corte .....	15
Figura 3.5: Panel de control MGH 3120.....	15
Figura 3.6: Pedal de control de la plegadora APHS 31300.....	17
Figura 3.7: Pantalla touch de la plegadora APHS 31300.....	18
Figura 3.8: Pantalla Durma .....	20
Figura 3. 9: Regulador de voltaje LM2596 .....	22
Figura 3.10: Diagrama de bloques de funcionamiento del hardware de control.....	23
Figura 3.11: Diseño hardware de control.....	23
Figura 3.12: Diseño del circuito PCB .....	24
Figura 3.13: Diseño del circuito PCB .....	24
Figura 3.14: Bloque de funciones módulo ESP32.....	26
Figura 3.15: Topología estrella de la red inalámbrica .....	28
Figura 3.16: WSN Protocol Stack .....	29
Figura 3.17: Interacción entre el servidor TCP y cliente TCP .....	31
Figura 3.18: Comportamiento del módulo TTGO-ESP32 .....	32
Figura 3.19: Diagrama de flujo del módulo TTGO-ESP32 .....	33
Figura 3.20: Envío de datos del módulo TTGO-ESP32 .....	34
Figura 3.21: Diagrama de flujo sistema automático de monitoreo.....	36
Figura 3.22: Diagrama de flujo sistema automático de monitoreo.....	37
Figura 3.23: Menú Git Gui .....	39
Figura 3.24: Origen y destino Git Gui .....	39
Figura 3.25: Clonación de la carpeta ESP32.....	40
Figura 3.26: Ejecución de la carpeta GET.EXE.....	40
Figura 3.27: Archivos para ESP32 .....	41

Figura 3.28: Declaración librerías y variables.....	42
Figura 3.29: Pantalla HDMI táctil “5” .....	43
Figura 3.30: Declaración librerías y variables en Python .....	45
Figura 3.31: Recepción de datos.....	46
Figura 3.32: Interfaz de ingreso.....	47
Figura 3.33: Interfaz de selección para el usuario .....	48
Figura 3.34: Interfaz de monitoreo .....	48
Figura 3.35: Diseño de la caja TTGO-ESP32 .....	49
Figura 3.36: Implementación del hardware.....	49
Figura 3.37: Implementación pantalla. ....	50
Figura 4.1: Estado de conectividad del módulo TTGO-ESP32 .....	51
Figura 4.2: Envío de paquetes del nodo 192.168.50.106.....	52
Figura 4.3: Envío de paquetes del nodo 192.168.50.106 hacia la Raspberry .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Información eléctrica de la máquina cizalla SBF 3006.....	10
Tabla 3.2: Panel de control ERD-100 .....	11
Tabla 3.3: Caracterización de la maquina cizalla SBF 3006.....	12
Tabla 3.4: Información general de la máquina cizalla MGH3120 .....	14
Tabla 3.5: Caracterización eléctrica de la máquina MGH 3120 .....	16
Tabla 3.6: Información general de la maquina cizalla MGH 3120 .....	17
Tabla 3.7: Características de pedal de control plegadora APHS 31300 .....	18
Tabla 3.8: Caracterización eléctrica de la plegadora APHS 31300.....	19
Tabla 3.9: Información de la máquina plegadora AD-R 30135 .....	20
Tabla 3.10: Características eléctricas de la máquina AD-R 30135 .....	21
Tabla 3.11: Lista IP estáticas.....	30
Tabla 4.1: Tabulación de la transmisión de datos .....	53

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se desarrolló un sistema de monitoreo automático local como remoto de las máquinas cizallas y plegadoras para la Empresa “MAPROMECA”. El sistema de monitoreo local se lo implementó en cada máquina y el sistema de monitoreo remoto se instaló en la oficina de administración con la finalidad de obtener la información en la línea de producción de cada máquina para una eficiente facturación y disminuir la pérdida en la dotación de los servicios dados por cada máquina. La instalación del sistema monitoreo local permite al operario y al cliente ver de forma visible y real el número de cortes y plegados realizados a través de una pantalla ubicada en cada máquina, respectivamente, para esta forma llevar un registro visible de producción.

El sistema de monitoreo también se lo realiza de manera remota, es decir desde la oficina, el administrador visualiza el número de cortes y plegados que ha realizado cada máquina en dicho instante.

La comunicación y el envío de datos entre el sistema de monitoreo remoto con el sistema automático de monitoreo local se realizó mediante el protocolo TCP/IP cliente servidor y el protocolo Wi-Fi IEEE 802.11, respectivamente.

Finalmente, al final de la jornada se envía mediante correo electrónico al gerente, el registro de producción del trabajo realizado por cada máquina de esta forma tener un respaldo.

## **ABSTRACT**

In the present work, a local and remote automatic monitoring system for shearing and bending machines for the Company "MAPROME" was developed. The local monitoring system was implemented in each machine and the remote monitoring system was installed in the administration office in order to obtain information in the production line of each machine for efficient billing and decrease the loss in the endowment of the services given by each machine. The installation of the local monitoring system allows the operator and the customer to see in a visible and real way the number of cuts and bends made through a screen located on each machine respectively in this way to keep a visible record of production.

The monitoring system is also done remotely, that is, from the office, the administrator displays the number of cuts and bends that each machine has made at that moment.

The communication and data transmission between the remote monitoring system and the local automatic monitoring system was carried out using the TCP / IP client server protocol and the IEEE 802.11 Wi-Fi protocol respectively.

Finally, at the end of the day is sent by email to the manager, the production record of the work done by each machine in this way have a backup.

## INTRODUCCIÓN

Las innovaciones tecnológicas industriales buscan y han alcanzado avances que han permitido mejorar la productividad y competitividad en el mercado actual, permitiendo incorporar dispositivos que forman parte de una red avanzada, acorde a los adelantos de la era digital que disponemos hoy en día, de esta forma aprovechar e incorporar los servicios y beneficios de las tecnologías actuales. En el presente trabajo se desarrolla un sistema de monitoreo automático para la Empresa MAPROMECA, en la cual se implementa un monitoreo a través de una pantalla oled monocromática implementada en cada máquina cizalla y plegadora de esta forma tanto como el operario como el cliente pueden observar el número de cortes y plegados realizados respectivamente por cada máquina, de esta forma obtener una correcta facturación y ahorro de tiempo al operario. Al no tener que contar manualmente su trabajo realizado y tener un mejor servicio hacia los clientes. Los datos mostrados en el sistema de monitoreo de las 2 máquinas cizallas y de las 2 máquinas plegadoras serán visualizados a través de una pantalla en tiempo real ubicado en la oficina de gerencia de esta forma facilitar y ahorrar tiempo al momento de la facturación. Los argumentos para el desarrollo de este trabajo se encuentran detallados en los siguientes 4 capítulos.

El capítulo uno describe el problema a ser estudiado, los objetivos a ser desarrollados con su respectiva justificación para realizar el proyecto técnico.

El capítulo dos se presenta el marco teórico utilizado para la implementación del sistema de monitoreo automático, así como conceptos básicos relacionados con el tema.

El tercer capítulo trata del diseño e implementación del sistema de monitoreo automático, todo este sistema es realizado a través de un módulo TTGO-ESP32 y una raspberry pi 3 modelo B.

Finalmente, en el capítulo cuatro se realizan las pruebas de conexión y de transmisión de los datos desde el monitoreo local hacia el monitoreo remoto.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

En este capítulo se analizará el problema de estudio, así como los objetivos a desarrollarse en este proyecto de titulación.

### **1.1 Problema de estudio**

Actualmente, el proceso de registro de producción de las máquinas cizallas y plegadoras que se realizan en la Empresa MAPROMECA, se efectúan de forma manual. Las máquinas son electromecánicas e hidráulicas. Estas no cuentan con un hardware y software para llevar la cantidad de manufactura que ha ejecutado cada una de ellas respectivamente.

Por lo que dispone al operario a almacenar en lotes de diferentes cantidades el producto terminado ya sea cortado o plegado para posteriormente contabilizarlas.

Para anotar la producción diaria, se ocupa a otros operarios que realizan distintas actividades, los cuales deben encargarse de tener un registro de producción, verificando de forma manual cuál fue la manufactura de cada máquina cizalla y plegadora por cada pedido; toda esta tarea toma alrededor de 15 a 45 minutos dependiendo de la cantidad que haya sido la orden de los clientes.

Todos los datos son tomados de forma manual y entregados al final de la jornada por lo tanto no se puede comprobar que las cifras registradas sean reales y sin poseer ningún respaldo.

Por esta razón es indispensable mejorar el proceso de monitoreo del registro de producción de las dos máquinas cizallas y de las dos máquinas plegadoras de la Empresa MAPROMECA, con el objeto de tener un balance de ingresos reales en la compañía.

### **1.2 Objetivo general**

Desarrollar un sistema automático usando software libre para el monitoreo en la línea de producción de las máquinas cizallas y plegadoras de la Empresa MAPROMECA.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Caracterizar el funcionamiento de las máquinas cizallas y plegadoras para determinar la instrumentación requerida para el sistema.
- Desarrollar el hardware de control para automatizar el proceso de conteo en la línea de producción de las máquinas cizallas y plegadoras.
- Desarrollar el hardware de comunicación inalámbrica para el proceso de adquisición de datos de cada máquina cizalla y plegadora.
- Diseñar una red de transmisión inalámbrica para tener la comunicación entre las máquinas cizallas y plegadoras de esta manera transmitir los datos de producción de cada una respectivamente hacia el sistema automático de monitoreo.
- Diseñar un algoritmo mediante software libre para procesar los datos obtenidos en el sistema automático de monitoreo.
- Implementar el hardware y software en cada máquina cizalla y plegadora para el sistema automático de monitoreo.
- Realizar pruebas y evaluar los resultados obtenidos para validar el sistema automático de monitoreo de cada máquina cizalla y plegadora.

### **1.3 Justificación**

MAPROMECA, es una Empresa que está 20 años en el mercado nacional cubriendo toda el área de servicios metalmecánicos en la línea de corte, plegado y conformado, por su experiencia ha garantizado un trabajo de primera calidad permitiéndoles crecer en su producción.

Las máquinas cizallas y plegadoras, están diseñadas para realizar cortes rectos, curvado hacia la derecha o curvado hacia la izquierda respectivamente, permitiendo con este servicio aumentar su clientela.

El proyecto plantea una solución viable desde un punto tecnológico económico, para monitorear el registro de producción en las máquinas cizallas y plegadoras, lo que ayudaría a un control del balance de ingresos y egresos en la empresa.



Su relevancia social está, en que este tipo de sistemas se pueden adaptar a industrias grandes como pequeñas sin la necesidad de requerir una fuerte inversión económica, y puede ser replicado en otras áreas de producción en las industrias ecuatorianas.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE**

En este capítulo se abarca la conceptualización de aspectos importantes a tener en cuenta, para el desarrollo de este proyecto.

#### **2.1 Máquinas cizallas**

La cizalla es un máquina de corte que desde sus inicios su mecanismo de acción o funcionamiento elemental no ha cambiado, pero ha mejorado en cuestiones de control e impulsión, lo que nos ha dado la pauta para agrupar las cizallas de acuerdo con el tipo de energía que las impulsa por ejemplo cizallas neumáticas e hidráulicas principalmente, teniendo diferentes aplicaciones en la industria, especialmente, en el área de la metalurgia en el corte de metal tipo láminas, de las cuales daremos a conocer a continuación.

##### **2.1.1 Máquina cizalla hidráulica**

El factor más importante a tener en cuenta al elegir una máquina cizalla es su fuerza de corte. Básicamente funcionan como gigantescas tijeras, una hoja de cuchilla descende paralela a otra fija. Todo el proceso de corte depende de la presión que ejerce la hoja móvil al bajar, de ahí que se necesiten grandes fuerzas hidráulicas y es la fuerza con la que la cuchilla móvil de la cizalla golpea el material. Las fuerzas de corte y compactación las proporciona un sistema hidráulico que aprovecha el principio de Pascal, el cual la fuerza aplicada sobre un fluido incomprensible permanece constante. Al ejercer una fuerza sobre un pistón este desplaza un volumen de líquido que a su vez mueve el pistón, para cortar el material. Toda la potencia es generada por un motor, que puede ser eléctrico o diésel y una bomba, según el modelo del fabricante. (IBÉRICA, 2018).

En la Figura 2.1 se observa el ejemplo de una máquina cizalla hidráulica.

Figura 2.1: Cizalla Hidráulica



Cizalla hidráulica de corte pendular Ferry CBC-206 permite trabajar con una rigidez, rapidez, velocidad y presión. (RASTROMÁQUINAS, 2016)

## 2.2 Máquina plegadora

El plegado o doblado de metales en la metalurgia, que implica la deformación de una lámina metal mediante el principio básico de impacto mediante una fuerza de presión para que adopte un ángulo con respecto a un eje, que en la mayoría de los casos es recto. Actualmente existen una diversidad de modelos, pueden distinguirse cuatro tipos de plegadoras en función de su mecanismo como: plegador manual, plegadora mecánica, plegadora hidra-mecánica y plegadora hidráulica. En la Figura 2.2 se presentan los tipos de plegadora que existen en el mercado. (SINC, 2016)

Figura 2.2: Tipos de plegadora



Tipos de plegadora en función de su mecanismo, Fuente: (JORDI.ES, 2017)

### 2.2.1 Máquina plegadora hidráulica

Estas máquinas emplean para su funcionamiento de trabajo con una bomba y dos cilindros sincronizados ubicados en los marcos de la máquina para mover la viga principal hacia la base. Además, estas máquinas están accionadas por CNC o control numérico directo para configurar los ángulos de plegado. (MÁQUINAS-HERRAMIENTAS, 2015)

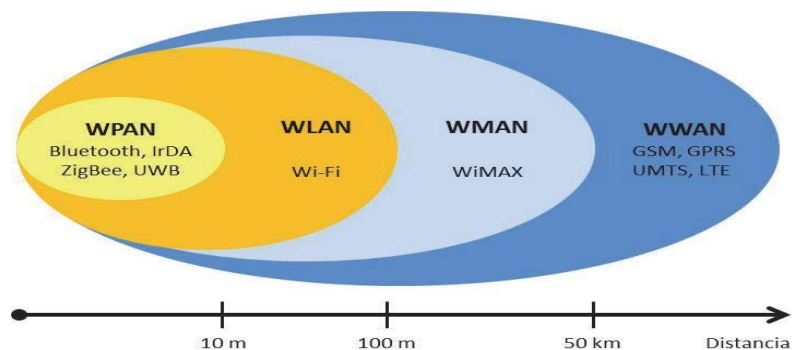
## 2.3 Comunicación inalámbrica

En la actualidad, cualquier ordenador o dispositivo móvil, como un Smartphone, Tablet o electrodomésticos como una Smart TV, dispone de elementos de hardware que permite tener una red inalámbrica. (Mheducation, 2015)

Una red inalámbrica permite la interconexión entre dos o más puntos, nodos o estaciones, por medio de ondas electromagnéticas, para conectar los dispositivos sin la necesidad de emplear ningún cable. Empleando técnicas como Infrarrojos (IR); que permiten comunicaciones de corto alcance y sus puntos de conexión deben ser siempre visibles. Por otro lado, tenemos la técnica de Radiofrecuencia (RF); accede a comunicaciones de corto y medio alcance, con las propiedades de poder atravesar obstáculos y paredes. (INTEL, Intel Education, 2017).

Existen muchas tecnologías diferentes que difieren en la frecuencia de transmisión, clasificándolas en cuatro grupos específicos según el área de aplicación y el alcance de la señal, como se observa en la Figura 2.3, donde se ilustra estas cuatro categorías. (Salazar, 2015).

Figura 2.3: Clasificación de las redes inalámbricas



División de las redes inalámbricas según el área de aplicación y el alcance de la señal respecto a la distancia. Fuente: (Salazar, 2015)

La Figura 2.3 representa el alcance de la señal de corto y largo alcance de la red de área local (WLAN) comercializada bajo la marca Wi-Fi, diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico de hasta 100 metros. Lo que proporciona al usuario la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local como en edificios corporativos, campus escolares y universitarios, fábricas, industrias o casas.

### 2.3.1 Comunicación inalámbrica WiFi

Wi-Fi es la unión de determinaciones para las redes de área local inalámbricas (WLAN), basadas en el protocolo IEEE802.11 y definido por “Wi-Fi” como definición del término inglés “Wireless Fidelity” y es utilizado para la implementación de aplicaciones de adquisición de datos, medición y control de procesos, así como aplicaciones para compartir datos multimedia. Su funcionamiento se basa necesariamente entre un router que esté conectado a internet a través de un cable, es el encargado de repartir la conexión a los distintos dispositivos de una misma red de manera inalámbrica. Donde el router convierte la información digital en ondas de radio que se transmitirán por el aire hacia los decodificadores del dispositivo receptor que son interpretadas por el microprocesador del equipo para permitir la conexión a Internet. (Novoa, 2017)

En la Figura 2.4 se muestra las características del protocolo IEEE 802.11. (Novoa, 2017)

Figura 2.4: Protocolos WIFI

Protocolo	Frecuencia	Ancho del canal	MIMO	Velocidad de datos máxima (en teoría)
802.11ac wave2	5 GHz	80, 80+; 160 MHz	Usuario múltiple (MIMO-MU)	1,73 Gbps <sup>1</sup>
802.11ac wave1	5 GHz	80 MHz	Un solo usuario (SU-MIMO)	866,7 Mbps <sup>1</sup>
802.11n	2,4 o 5 GHz	20, 40 MHz	Un solo usuario (SU-MIMO)	450 Mbps <sup>2</sup>
802.11g	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20 MHz	No se aplica	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	11 Mbps
Tradicional 802.11	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	2 Mbps

Resumen del protocolo IEEE 802.11 y su velocidad de datos, Fuente: (INTEL, Protocolo WIFI, 2017)

2.3 Hardware

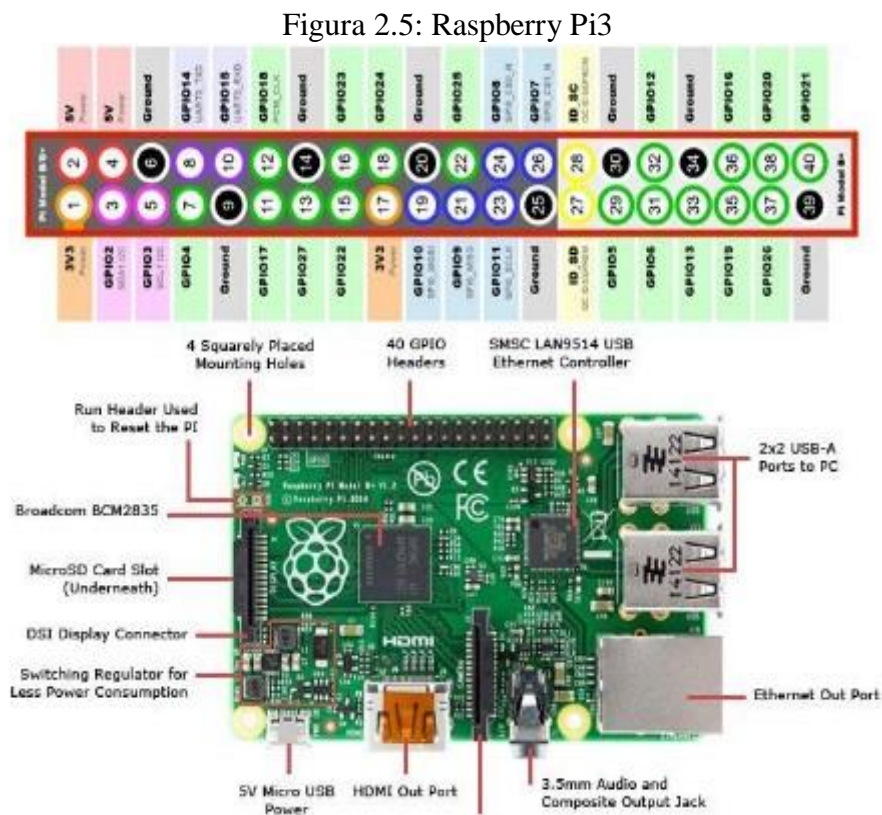
2.3.1 Microordenador

Raspberry Pi 3 es un ordenador básico, siendo el modelo más actual. Tecnológicamente es considerada una computadora por todas las facilidades y prestaciones que presenta. Soporta varios sistemas operativos pero su oficial sistema es Raspbian. El triunfo de este dispositivo es la versatilidad de trabajo y su uso en el ámbito del IoT, por su bajo costo y su módulo interno WiFi lo que permite tener una conexión a diferentes dispositivos que tienen la misma tecnología desarrollando diferentes aplicaciones. (RASPBerry, 2016)

El ordenador mencionado cuenta con las siguientes características técnicas, que las puede encontrar en el siguiente link:

[https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/datasheets/rpi\\_DATA\\_CM\\_1p0.pdf](https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/datasheets/rpi_DATA_CM_1p0.pdf). (RASPBerry, 2016)

En la Figura 2.5 se muestran las Partes y pines de entrada de la Raspberry Pi3.



Partes y pines de entrada de la Raspberry Pi3, Fuente: (GUTIÉRREZ, 2017)

### 2.3.2 TTGO-ESP32

TTGO ESP32 LORA es una placa de desarrollo de código abierto basado en el desarrollo del ESP8266 y en el módulo LORA bajo la patente de la Empresa SEMTECH que permite el envío y recepción de información punto a punto. Utiliza un ESP32-Pico-D4 para crear aplicaciones con conectividad WiFi. En algunos casos se necesita mostrar algún tipo de información al usuario como el estado de un sensor o aplicación por este motivo el TTGO ESP32 LORA implementa una pantalla oled. Además, integra una ranura micro-SD para acceder a una tarjeta micro SD para la lectura el código y lectura de datos. (Systems, ESP32 Series, 2018)

Teniendo las siguientes especificaciones:

- Procesador principal: ESP32-Pico-D4
- Módulo LORA 900 MHz
- Voltaje: 5V vía Micro USB
- Antena 2dBi
- Velocidad de transferencia: 110 ~ 460800 bps
- Indicadores LED de actividad en el módulo ESP32
- Pantalla OLED 128x64 píxeles (SSD1306 dirección I2C 0x3C en pines 5 y 4)
- Corriente en espera: < 10Ua

La Figura 2.6 se muestran la descripción de los pines del módulo TTGO-ESP32.

Figura 2.6: TTGO-ESP32

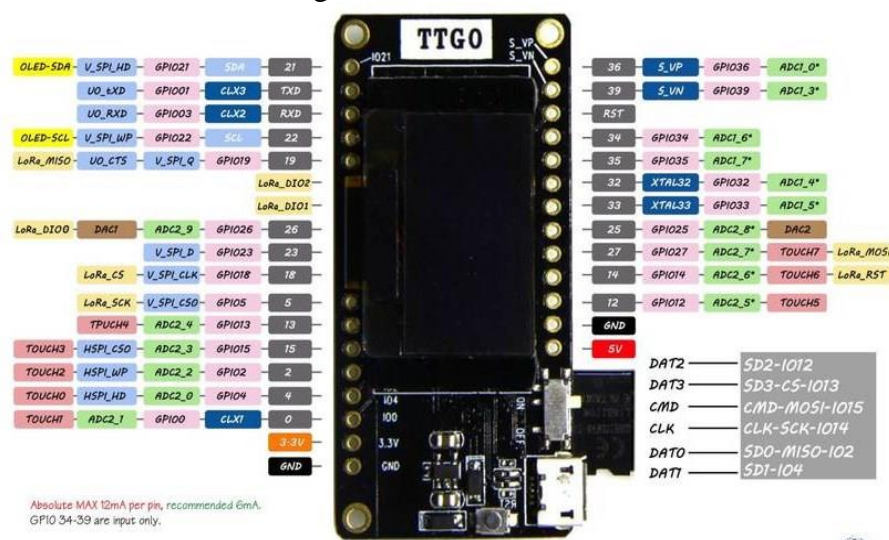


Diagrama pines conexión TTGO ESP32 LORA v2.0 (Systems, ESP32 Series, 2018)

### CAPÍTULO 3

#### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se describe el diseño y la implementación del sistema para lograr el objetivo del monitoreo automático en la línea de producción de las máquinas cizallas y plegadoras de la Empresa MAPROMECA.

#### 3.1 Caracterización de las máquinas cizallas y plegadoras de la empresa Mapromec.

Para la caracterización de las máquinas se tomó en cuenta su funcionamiento y planos de diseño de control.

##### 3.1.1 Máquina cizalla SBF 3006

La máquina SBF 3006, es una guillotina hidráulica fabricada por la Empresa DURMAZLAR. Su circuito de alimentación está dispuesto a la tensión principal de 3 fases y una conexión a tierra. La cizalla SBF3006 consta de un sistema hidráulico que está compuesto por un motor y una bomba, cilindros, válvulas y un sistema eléctrico con un panel de mando para el control de la máquina. Su esquema de conexión hidráulico de fuerza y de control se observan en los Anexos.

En la Tabla 3.1 se detalla la información general de la máquina.

Tabla 3.1: Información eléctrica de la máquina cizalla SBF 3006

INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA	
NOMBRE DE LA MAQUINA	<b>SBF 3006</b>
NUMERO SERIE MAQUINA	<b>607912056</b>
SUMINISTRO VOLTAJE	<b>3x220 Volt</b>
SUMINISTRO DE CORRIENTE	<b>63 Amper</b>
SUMINISTRO CORRIENTE AL MOTOR	<b>52 Amper</b>
SECCION CABLE SUMINISTRO	<b>4 x 16 mm<sup>2</sup></b>
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MIN.	<b>1 M ohm</b>
TENSION DE PRUEBA	<b>1000 volt</b>
MANDO DE VOLTAJE	<b>24 volt</b>
FRECUENCIA	<b>60 Hz.</b>

Datos técnicos generales de la máquina cizalla SBF 3006, Autora: Cristina Toapanta.



La máquina consta de un panel de control ERD-100, que permite realizar las siguientes acciones mencionadas en la Tabla 3.2.

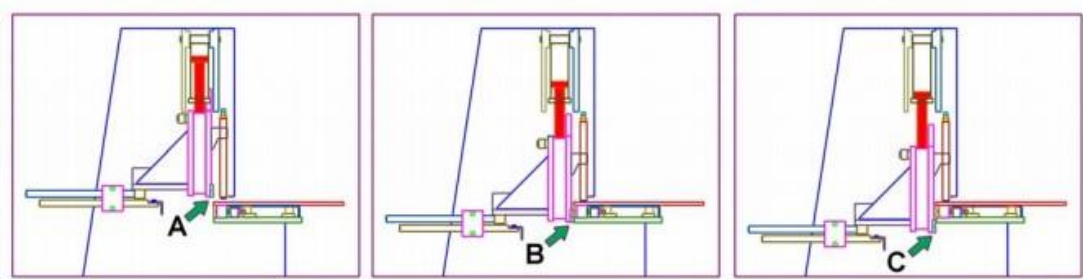
Tabla 3.2: Panel de control ERD-100

Acción	Resultado
Girar la perilla principal hacia la derecha.	El bombillo amarillo “ON” se ilumina, indicando que la máquina esta energizada.
Presionar el botón “START”	El bombillo verde “MOTOR RUN”, se ilumina indicando que el motor de la bomba hidráulica está funcionando.
Presionar el botón “STOP”	La bomba hidráulica deja de funcionar, pero la máquina continúa energizada.
Girar la perilla principal hacia la izquierda	La máquina queda sin energía.
Girar la perilla hacia la posición 3.	Calibración modo automático.

Descripción general funciones principales del panel de control ERD-100, Autora: Cristina Toapanta

La cizalla SBF 3006, está calibrada para trabajar en modo automático; donde al presionar el pedal una vez, la cuchilla superior se desplaza hacia abajo. Cuando se completa la longitud de corte o llega al límite inferior la cuchilla vuelve a su posición superior, como se observa en la Figura 3.1.

Figura 3.1: Ciclo de funcionamiento de la maquina cizalla 3006



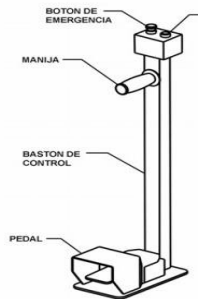
Especificación del proceso de corte que realiza la cuchilla. Fuente: (DURMAZLAR, 2014)

En la Figura 3.1, "El ciclo de corte" empieza con la cuchilla en el punto "A" es el punto superior. Al mantener presionado el pedal, la cuchilla se desliza hacia el punto inferior "B", cortando la lámina. El punto "C" es el final del recorrido físico (inferior) de los cilindros hidráulicos y retorna al punto "A" y se detiene la cuchilla. Para empezar un nuevo ciclo de corte, el operario debe volver activarlo (presionar) el pedal.

El bastón de control de la Figura 3.2, consta de las siguientes partes: Un botón de emergencia el cual al presionarlo la bomba hidráulica se apaga, pero la máquina sigue

energizada, para volver activarla es necesario presionar el botón de parada de emergencia y el botón “Start” y de un pedal que al presionarlo da el mando para que la cuchilla baje y realice la acción de cortar.

Figura 3.2: Pedal de control



Descripción de los componentes del bastón de control, Fuente: (DURMAZLAR, 2014)

Los componentes del circuito eléctrico como el de fuerza y de control comprenden productos Siemens y Telemecanique. El circuito de control se alimenta con 24 voltios de CC. (DURMAZLAR, 2014).

En la Tabla 3.3 se describe su caracterización eléctrica.

Tabla 3.3: Caracterización de la maquina cizalla SBF 3006

TERMINAL	DESCRIPCIÓN	SERIE	MARCA
4Q1	INTERRUPTOR PRINCIPAL	KG 80B T203/01E 80	Kraus&Naimer
4A2	RELE DE SECUENCIA DE FASE	3UG4512-1AR20	Siemens
4L7	LÁMPARA FLUORESCENTE	60W	Philips
4F6	FUSIBLE	5SQ2 270-2YA02-2	Siemens
4L8	LÁMPARA FLUORESCENTE	60W	Philips
5F1	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
5Q2	RELÉ DE CORRIENTE	3UA59 00-2E 25-40	Siemens
5S5	INTERRUPTOR DE POSICIÓN	CA10 TR0421	Kraus&Naimer
5K5	CONTACTOR	3RT1034-1BB40	Siemens
5K5	CONTACTOR	3RH1921-1CA10	Siemens
5K5	LIMITADOR DE SOBRETENSIONES	3RT1926-1CB00	Siemens
5ZR5	TEMPORIZADOR	H3YN-2 24 DC	Omron elektronix
5ZR5	SOCKET(ENCHUFE)	PYF-08A-N	Omron elektronix
5K6	CONTACTOR	3RT1034-1BB40	Siemens

Descripción de los elementos que se utilizan en los esquemas de diseño eléctrico y de control de la máquina cizalla SBF 3006, Autora: Cristina Toapanta.

Continuación de la Tabla 3.3: Caracterización eléctrica de la máquina cizalla SBF 3006

TERMINAL	DESCRIPCIÓN	SERIE	MARCA
4Q1	INTERRUPTOR PRINCIPAL	KG 80B T203/01E 80	Kraus&Naimer
4A2	RELE DE SECUENCIA DE FASE	3UG4512-1AR20	Siemens
4F6	FUSIBLE	5SQ2 270-2YA02-2	Siemens
5F1	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
5Q2	RELÉ DE CORRIENTE	3UA59 00-2E 25-40	Siemens
5S5	INTERRUPTOR DE POSICIÓN	CA10 TR0421	Kraus&Naimer
5K5	CONTACTOR	3RT1034-1BB40	Siemens
5K5	CONTACTOR	3RH1921-1CA10	Siemens
5K5	LIMITADOR DE SOBRETENSIONES	3RT1926-1CB00	Siemens
5ZR5	TEMPORIZADOR	H3YN-2 24 DC	Omron elektronix
5ZR5	SOCKET(ENCHUFE)	PYF-08A-N	Omron elektronix
5K6	CONTACTOR	3RT1034-1BB40	Siemens
5K6	CONTACTOR AUXILIAR	3RH1921-1CA01	Siemens
5K6	LIMITADOR DE SOBRETENSIONES	3RT1926-1CB00	Siemens
5K7	CONTACTOR	3RT1034-1BB40	Siemens
5K7	CONTACTOR AUXILIAR	3RH1921-1FA31	Siemens
6F1	FUSIBLE	5SQ2 270-2YA04-4 <sup>a</sup>	Siemens
6A1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	6EP1334-1LB00-10A	Siemens
6F2	TERMINAL-FUSIBLE	UK 6.3-HESI 10A	Phonix contact
6F3	TERMINAL-FUSIBLE	UK 6.3-HESI 1A	Phonix contact
6S3	BOTÓN	3SB 3602-0AA11	Siemens
6R7	RELÉ	MY2 24DC(S)	Omron elektronix
6R7	SOCKET(ENCHUFE)	PYF-08A-N	Omron elektronix
6D8	DIODO ZENER	BZV-48 B30-8540	Kbp
7K1	CONTACTOR	3RT1015-1BB42	Siemens
7K1	CONTACTOR AUXILIAR	3RH1911-1FA40	Siemens
7K1	LIMITADOR DE SOBRETENSIONES	3RT1916-1BB00	Siemens
7K2	CONTACTOR	3RH1122-1BB40	Siemens
7K2	CONTACTOR AUXILIAR	3RT1916-1BB00	Siemens
7R4	RELÉ	MY2 24DC(S)	Omron elektronix
7S4	PEDAL	3SE 2902-OAB	Siemens
7K6	CONTACTOR	3RH1131-1BB40	Siemens
7K6	CONTACTOR AUXILIAR	3RH1911-1FA22	Siemens
7K6	LIMITADOR DE SOBRETENSIONES	3RT1916-1BB00	Siemens

Descripción de los elementos que se utilizan en los esquemas de diseño eléctrico y de control de la máquina cizalla SBF 3006. Autora: Cristina Toapanta.

**3.1.2 Máquina cizalla MGH 3120**

La máquina cizalla MGH 3120, se trata de una guillotina hidráulica fabricado por la empresa BAYKAL. Su fuente de alimentación está conectado a la tensión de 3 fases de 220VAC, a una frecuencia de 60Hz. Su sistema hidráulico consta de un motor y una bomba, cilindros, válvulas y su sistema eléctrico con un panel de mando para el control de la máquina. Su esquema hidráulico de conexión, de fuerza y de control se observan en los Anexos. En la Tabla 3.4 se detalla la información general de la máquina.

Tabla 3.4: Información general de la máquina cizalla MGH3120

INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA	
NOMBRE DE LA MÁQUINA	MGH3120
NÚMERO SERIE MÁQUINA	23665
SUMINISTRO VOLTAJE	3x220 Volt
SUMINISTRO DE CORRIENTE	Amper
SUMINISTRO CORRIENTE AL MOTOR	Amper
SECCIÓN CABLE SUMINISTRO	4 x 16 mm <sup>2</sup>
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MIN.	1 M $\Omega$
TENSIÓN DE PRUEBA	1000 volt
MANDO DE VOLTAJE	24 volt
FRECUENCIA	60 Hz.

Datos técnicos generales de la máquina cizalla MGH3120, Autora: Cristina Toapanta.

Los circuitos eléctricos e hidráulicos de la máquina están diseñados para permitir una operación con máxima seguridad. Los botones de parada de emergencia (tipo acoplamiento) están disponibles en el armario de instalación eléctrica y en la unidad de control del interruptor de pie, se observa en la Figura 3.3.

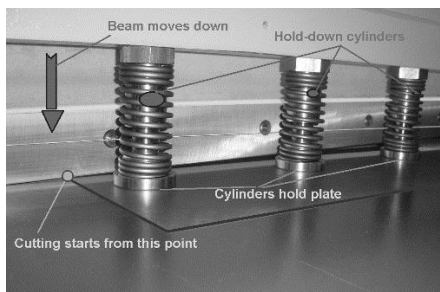
Figura 3.3: Interruptor de pie



Descripción del interruptor de pie, con paro de emergencia de la máquina MGH3120. Fuente: (TURQUIA Patente n° 23665, 2016)

La máquina no está programada para trabajar en serie o cortes repetitivos. Está configurada para trabajar en modo automático, es decir el operario al presionar el interruptor de pie, la cuchilla realiza el movimiento hacia abajo y los cilindros de sujeción comprimen la placa sobre la mesa de trabajo, se observa en la Figura 3.4.

Figura 3.4: Proceso de corte



Proceso de corte que realiza la cizalla mgh3120, Fuente: (TURQUIA Patente n° 23665, 2016)

Después la cuchilla completa su carrera (movimiento hacia abajo), la parte de placa cortada cae en la parte posterior de la máquina, y la cuchilla regresa a su posición inicial.

La cizalla MGH3120, consta con un panel de control mediante una CYBTOUCH 6, como se observa en la Figura 3.5.

Figura 3.5: Panel de control MGH 3120



Descripción del panel de control (CYBTOUCH6) de la máquina cizalla MGH3120. Fuente: (TURQUIA Patente n° 23665, 2016)

Los miembros del circuito eléctrico como el de fuerza y de control comprenden productos Siemens, Schneider Electric, Legrand y Telemecanique. El circuito de control se alimenta con 24 voltios de CC.

En la Tabla 3.5 se describe su caracterización eléctrica.

Tabla 3.5: Caracterización eléctrica de la máquina MGH 3120

TERMINAL	DESCRIPCION	SERIE	MARCA
1Q1	INTERRUPTOR PRINCIPAL	KG 80B T203/01E 80	Kraus&Naimer
1F1	BRAKER	VL 160 X/GB140482	SIEMENS
3K6	CONTACTOR PARA CONTROL DEL MOTOR	LC1D09	SCHNEIDER ELECTRIC
2K3	RELE DE PROPOSITO GENERAL POTENCIA	CAD32	SCHNEIDER ELECTRIC
4K1	RELE DE CONTROL	CA3KN31BD	SCHNEIDER ELECTRIC
4K3	CONTACTOR DE RELE	3RH2122-1BB40	SIEMENS
2Q3	DISYUNTOR TERMICO MAGNETICO	GV2-P07	SCHNEIDER ELECTRIC
1F3	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F4	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F5	FUSIBLE	403327	LEGRAND
1F6	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F7	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F8	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F9	FUSIBLE	403327	LEGRAND
1F10	FUSIBLE	403328	LEGRAND
1F11	FUSIBLE	403328	LEGRAND
2A1	RELE DE SECUENCIA TRIFASICA	K8DS	OMRON
3K1	CONTACTOR TRIFASICO PARA EL CONTROL DE MOTORES	3RT1055-6	SIEMENS SIRIUS
1T1	TRANSFROMADOR DE CONTROL	SE1608	SIRIUS & TECH
K3	RELE	RSB1A160BD	SCHNEIDER ELECTRIC
1G1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA	S8VK-C12024	SCHNEIDER ELECTRIC
4A1	INVERSOR DE CORRIENTE ALTERNA	CIMR-JC2A0006BAA	YASKAWA
3A1	INVERSOR DE CORRIENTE ALTERNA	CIMR-JZA20P7BAA	YASKAWA

Descripción de los elementos que se utilizan en los esquemas de diseño eléctrico y de control de la máquina cizalla MGH 3120, Autora: Cristina Toapanta.

### 3.1.3 Máquina plegadora APHS 31300

La plegadora APHS 31300 está diseñada y construida para doblar materiales planos de grosor de 16 mm, mediante el uso de una potencia de presión hidráulica de 300 toneladas como máximo. El diseño hidráulico, circuitos eléctricos y de control se observan en los Anexos.

En la Tabla 3.6 se presenta la información general de la máquina.

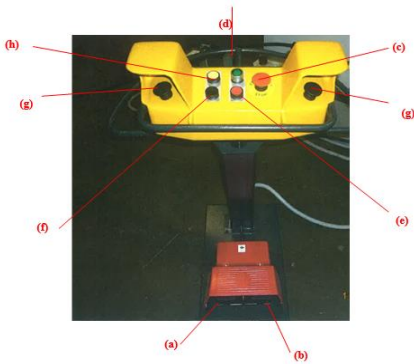
Tabla 3.6: Información general de la maquina cizalla MGH 3120

INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA	
NOMBRE DE LA MÁQUINA	APHS 31300
NÚMERO SERIE MÁQUINA	23644
SUMINISTRO VOLTAJE	3x220 Volt
SUMINISTRO DE CORRIENTE	Amper
SUMINISTRO CORRIENTE AL MOTOR	Amper
SECCIÓN CABLE SUMINISTRO	4 x 16 mm <sup>2</sup>
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MIN.	1 Mohm
TENSIÓN DE PRUEBA	1000 volt
MANDO DE VOLTAJE	24 volt
FRECUENCIA	60 Hz.

Datos técnicos generales de la máquina plegadora APHS 31300, Autora: Cristina Toapanta.

La plegadora APHS 31300 trabaja bajo el tipo “downstroking”, lo que significa que al presionar el pedal una fuerza de flexión es aplicada a una viga superior que es accionada por dos cilindros hidráulicos que actúan hacia abajo contra una viga inferior estacionaria, de esta forma obtener el plegado de la lámina. El pedal consta de los siguientes elementos en la Figura 3.6.

Figura 3.6: Pedal de control de la plegadora APHS 31300



Conexiones del pedal de control de la máquina plegadora APHS3130, Fuente: (TURQUIA Patente n° 23664, 2016)

El pedal control de la Figura 3.6 tiene las siguientes características descritas en la Tabla 3.7.



Tabla 3.7: Características de pedal de control plegadora APHS 31300

LETRA	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Pedal izquierdo	Cuando se presiona el pedal izquierdo, la viga va hacia abajo
B	Pedal derecho	Cuando se presiona el pedal derecho, la viga va hacia arriba
C	Botón de parada de emergencia	En caso de emergencia, cuando se presiona este botón, la bomba principal y otros componentes activos de la máquina se detienen.
D	Inicio de bomba	Enciende la bomba principal
E	Parada de la bomba	Para reiniciar la máquina después de presionar cualquier botón de parada de emergencia en la máquina, se debe presionar el botón de reinicio. Este botón inicializa el módulo de parada de emergencia.
F	Reiniciar	Para reiniciar la máquina después de presionar cualquier botón de parada de emergencia en la máquina, se debe presionar el botón de reinicio. Este botón inicializa el módulo de parada de emergencia.
G	Dos botones	Cuando se presionan dos botones simultáneamente en el modo de dos manos / pies, la barra se desplaza hacia abajo rápidamente hasta que alcanza la posición de silencio.
H	Botón de ascendencia manual	Al presionar la viga al finalizar el plegado regresa a su posición inicial.

Descripción de los elementos del pedal de control plegadora APHS31300, Autora: Cristina Toapanta

En la Figura 3.7 se muestra el panel de control touch de la plegadora APHS 31300, mediante el cual se controla el encendido/apagado del motor y el grosor de material a plegar.

Figura 3.7: Pantalla touch de la plegadora APHS 31300



Descripción del panel de control de la máquina plegadora APHS 31300, Fuente: (TURQUIA Patente n° 23664, 2016)



Los componentes del circuito eléctrico como el de fuerza y de control comprenden productos Siemens, Schneider Electric, Legrand y Telemecanique. El circuito de control se energiza con 24 voltios de CC. En la Tabla 3.8 se presenta la caracterización eléctrica de la plegadora APHS 31300.

Tabla 3.8: Caracterización eléctrica de la plegadora APHS 31300

TERMINAL	DESCRIPCIÓN	SERIE	MARCA
2Q1	INTERRUPTOR PRINCIPAL	KG80/DE16B60566/0002000	KRAUS&NAIMER
2Q2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	G/160622/3RV20314KA10	SIEMENS SIRIUS
2F1	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
2F2	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
2F3	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
3F6	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
2FT1	FUSIBLE	5SP43 MCP C80A	Siemens
A1	MICROCONTROLADOR	PNOZ	PILZ
8K1	RELÉ ELECTROMAGNÉTICO	G2RV-1-S	OMRON
6K2	TEMPORIZADOR DE ESTADO SÓLIDO	H3DS-ML	OMRON
6K1	CONTACTOR AUXILIAR	3RH2140-1BB40	SIEMENS SIRIUS
4K1	CONTACTOR	L0150914/G-16082*E06	SIEMENS SIRIUS
4K4	CONTACTOR	LC1D09	SCHNEIDER ELECTRIC
3G1	FUENTE DE ALIMENTACION MONOFASICA	S8VK-C24024	OMRON
SRV1	CONTROLADOR DE MOTOR	L7SA008A-BK01/DB6E00189	

Descripción de los elementos que se utilizan en los esquemas de diseño eléctrico y de control de la máquina plegadora APHS 31300, Autora: Cristina Toapanta.

3.1.4 Máquina plegadora Durmazlar AD-R 30135

La plegadora AD-R 30135 está diseñada y construida para doblar materiales planos de grosor de 10 mm, mediante el uso de una potencia de presión hidráulica de 135 toneladas como máximo. El diseño hidráulico, circuitos eléctricos y de control se observan en los Anexos.

En la Tabla 3.9 se muestra la información general de la máquina.

Tabla 3.9: Información de la máquina plegadora AD-R 30135

INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA	
NOMBRE DE LA MÁQUINA	AD-R 30135
NÚMERO SERIE MÁQUINA	7323149427
SUMINISTRO VOLTAJE	3x220 Volt
SUMINISTRO DE CORRIENTE	Amper
SUMINISTRO CORRIENTE AL MOTOR	Amper
SECCIÓN CABLE SUMINISTRO	4 x 16 mm <sup>2</sup>
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MIN.	1 Mohm
TENSIÓN DE PRUEBA	1000 volt
MANDO DE VOLTAJE	24 volt
FRECUENCIA	60 Hz.

Datos técnicos generales de la máquina plegadora AD-R 3013, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 3.8 se muestra el panel de control touch de la plegadora AD-R 30135, mediante el cual se controla el encendido/apagado del motor y el grosor de material a plegar.

Figura 3.8: Pantalla Durma



Descripción del panel de control de la máquina plegadora AD-R 30135, Fuente: (MAHENOR, 2014)

Los componentes del circuito eléctrico como el de fuerza y de control comprenden productos Siemens, Schneider Electric y Omron. El circuito de control se energiza con 24 voltios de CC.

En la Tabla 3.10 se presenta la caracterización de la máquina AD-R 30135

Tabla 3.10: Características eléctricas de la máquina AD-R 30135

TERMINAL	DESCRIPCION	SERIE	MARCA
6Q2	INTERRUPTOR PRINCIPAL	3UA59	Siemens
6K6	BLOQUE DE CONTACTOS AUXILIARES	LADN22	Schneider electric
6K5	CONTACTOR	LC1D32	Schneider electric
6K3	CONTACTOR	3RH2140-1BB40	Siemens
8K4	CONTACTOR	3RH2140-1BB41	Siemens
8K5	CONTACTOR	3RH2140-1BB42	Siemens
8K7	CONTACTOR	3RH2140-1BB43	Siemens
8K9	CONTACTOR	3RH2140-1BB44	Siemens
9K1	CONTACTOR	3RH2140-1BB45	Siemens
9K4	CONTACTOR	3RH2140-1BB46	Siemens
9K7	CONTACTOR	3RH2140-1BB47	Siemens
10K2	CONTACTOR	3RH2140-1BB48	Siemens
10K3	CONTACTOR	3RH2140-1BB49	Siemens
12K6	CONTACTOR	3RH2140-1BB50	Siemens
12K8	CONTACTOR	3RH2140-1BB51	Siemens
12K9	CONTACTOR	3RH2140-1BB52	Siemens
4A2	RELE DE SUPERVISOR DE TENSION	3UG4512-1AR20	Siemens
9R5	RELE DE SEGURIDAD	MY2	Omron
9R9	RELE DE SEGURIDAD	MY3	Omron
12R1	RELE DE SEGURIDAD	MY4	Omron
12R3	RELE DE SEGURIDAD	MY5	Omron
12R4	RELE DE SEGURIDAD	MY6	Omron
15A1	CONVERTIDOS DE VOLTAJE	Sinamics v20/ kcc-REM-S49	Siemens
6F1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	5SP43MCB	Siemens
4F1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	5SQ22	Siemens
5F2	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	5SQ23	Siemens
6F4	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	5SQ24	Siemens

Descripción de los elementos que componen la máquina plegadora AD-R 30135, Autora: Cristina Toapanta.

### 3.2 Desarrollo del hardware de control

Para automatizar el proceso de conteo en la línea de producción de las máquinas cizallas y plegadoras, se estudió los circuitos de control de cada una respectivamente. Esto permitió obtener las variables de control en este caso es un parámetro eléctrico como el voltaje, que representa el accionamiento de la guillotina o prensa a través del accionamiento del pedal, para realizar un corte o un plegado.

#### 3.2.1 Circuito de procesamiento de la variable de control

La fuente de alimentación general del circuito de control es de 24 vdc, donde el primer problema por solucionar es la fuente de energía hacia el módulo TTGO-ESP32 ya que funciona a 5 voltios de corriente continua y su voltaje de salida en los pines es de 3.3 Vdc.

Para dar solución a la fuente de alimentación se implementó el módulo LM2596, que es un reductor de voltaje (buck) DC-DC, capaz de manejar a una carga de 3 A. La tensión de alimentación se obtiene de una fuente de 24 vdc de la cual se filtra y se adapta al nivel de tensión de 5 Vdc para alimentar al módulo TTGO -ESP32.

En la Figura 3.9 se puede apreciar el circuito del módulo de alimentación, el mismo que cuenta con diodos rectificadores para recortar picos negativos de ruido y proteger el circuito en caso de inversión de polaridad, los capacitores a la entrada de los reguladores eliminan inductancias presentes y los capacitores a la salida mejoran la respuesta.

Figura 3. 9: Regulador de voltaje LM2596

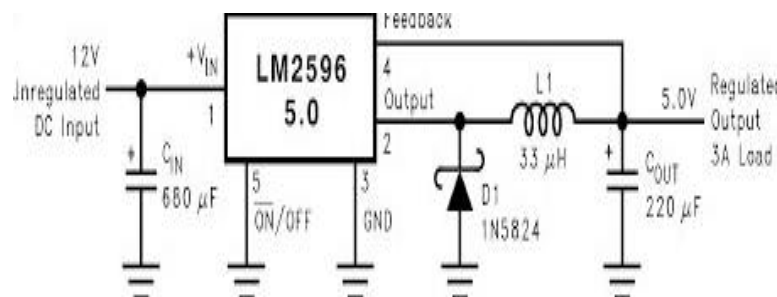


Diagrama de esquemático del regulador de voltaje buck. Fuente: (INSTRUMENTS, 2016)

En la Figura 3.10 representa el diagrama de bloque de funcionamiento del hardware de control para automatizar el proceso de conteo en la línea de producción.

Figura 3.10: Diagrama de bloques de funcionamiento del hardware de control

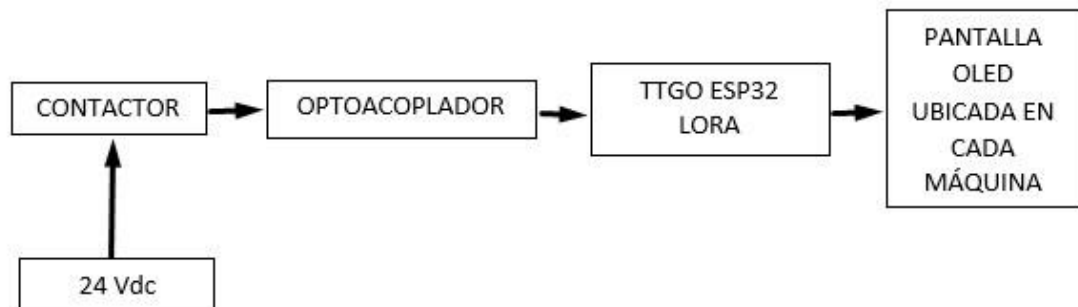
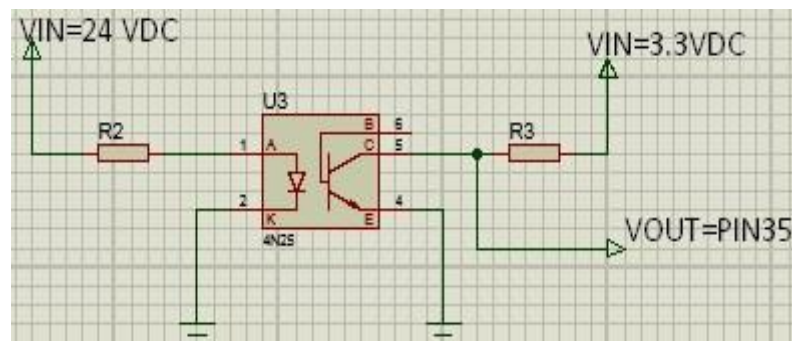


Diagrama de bloques funcionamiento hardware de control para la automatización del proceso de conteo, visualizara a través de una pantalla oled ubicada en cada máquina respectivamente, Autora: Cristina Toapanta.

Al presionar el pedal, se alimenta una bobina del contactor a través de 24 Vdc la cual cierra sus contactos y activa la acción de corte o plegado, esta señal es transmitida a través de un optoacoplador 4n25 hacia el módulo TTGO-ESP32.

En la Figura 3.11, se observa el diseño de hardware de control requerido para el aislamiento eléctrico entre la señal de voltaje de 24 Vdc y la señal de control requerida para el módulo TTGO-ESP32, posteriormente esta señal es procesada y es visible de forma digital en la pantalla oled.

Figura 3.11: Diseño hardware de control

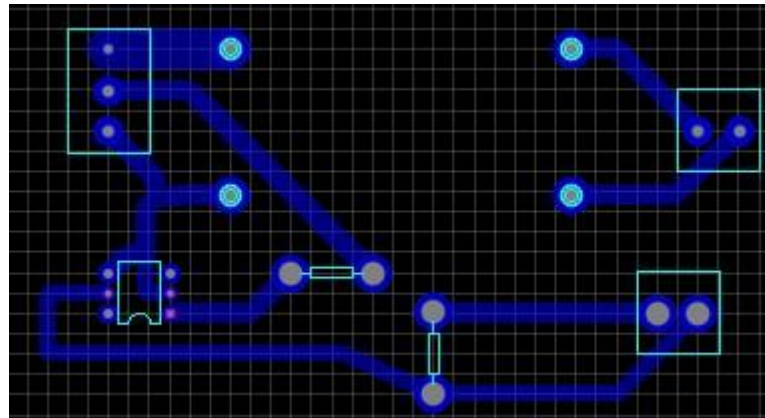


Diseño hardware de control para automatizar el proceso de conteo en las máquinas cizallas y plegadoras desarrollo en Proteus, Autores: Cristina Toapanta.

### 3.2.2 Diseño de la placa de circuito impreso (PCB)

Para la integración del circuito del hardware de control, se requirió elaborar una placa de circuito impreso, que se desarrolló mediante el software Proteus. En el diseño, no se incluyó la placa TTGO-ESP32 y del módulo LM2596 ya que tienen diseñadas sus propias PCB y se ensambla al diseño final. La construcción se realizó en baquelita de una sola cara de fibra de vidrio. En la Figura 3.12 se observa el diseño PCB para las máquinas cizallas.

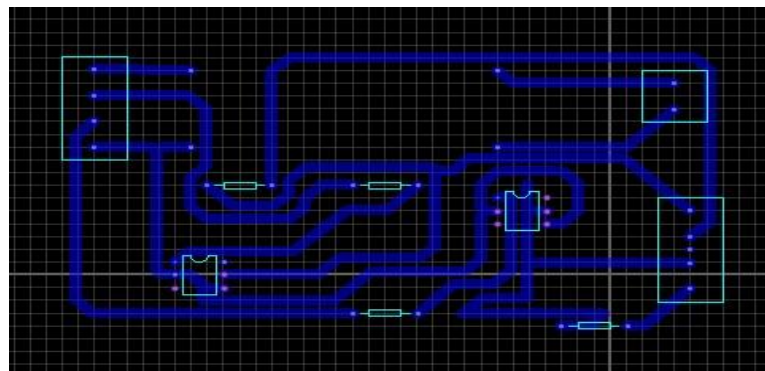
Figura 3.12: Diseño del circuito PCB



Desarrollo de la placa de control para el proceso automático de conteo en la línea de producción de las máquinas cizallas, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 3.13 se observa el diseño PCB para las máquinas plegadoras.

Figura 3.13: Diseño del circuito PCB



Desarrollo de la placa de control para el proceso automático de conteo en la línea de producción de las máquinas plegadoras, Autora: Cristina Toapanta

### 3.3 Desarrollo del hardware de comunicación inalámbrica.

En el desarrollo del hardware de comunicación inalámbrica se utilizó la placa TTGO-ESP32, la cual incorpora un módulo ESP32, lo que permite tener una comunicación inalámbrica WiFi de los datos obtenidos por la placa y comunicarse hacia la Raspberry donde está implementado el sistema de monitoreo remoto. Sus características de hardware principales son las siguientes:

#### a. Procesadores:

- Principal: Tensilica Xtensa microprocesador LX6 de 32 bits
- Núcleos: 2 o 1 (según la variación): todos los chips de la serie ESP32 son de doble núcleo, excepto ESP32-S0WD, que es de un solo núcleo.
- Frecuencia de reloj: hasta 240 MHz
- Rendimiento: hasta 600 DMIPS
- Secundario (ULP): dedicado a conversiones de ADC, cálculos y umbrales de nivel mientras está en suspensión profunda.

#### b. Conectividad inalámbrica:

- Wi-Fi: 802.11 b / g / n / e / i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit / s)
- Bluetooth: v4.2 BR / EDR y Bluetooth Low Energy (BLE)

#### c. Memoria:

- Memoria interna:

ROM: 448 KiB - Para funciones de arranque y núcleo.

SRAM: 520 KiB - Para datos e instrucciones.

- RTC lento SRAM: 8 KiB: para el acceso al coprocesador durante el modo de suspensión profunda.
- RTC fast SRAM: 8 KiB: para el almacenamiento de datos y la CPU principal durante el arranque de RTC desde el modo de suspensión profunda.
- eFuse: 1 Kibit: de los cuales 256 bits se utilizan para el sistema (dirección MAC y configuración de chip) y los 768 bits restantes se reservan para las aplicaciones del cliente, incluidos Flash-Encryption y Chip-ID.
- Flash incorporado: - Flash conectado internamente a través de IO16, IO17, SD\_CMD, SD\_CLK, SD\_DATA\_0 y SD\_DATA\_1 en ESP32-D2WD y ESP32-PICO-D4.

- Flash externo y SRAM: ESP32 sin flash incorporado admite hasta  $4 \times 16$  MiB de flash QSPI externo y 8 MiB SRAM con cifrado de hardware basado en AES para proteger los programas y datos del desarrollador. Los chips ESP32 con flash incorporado no admiten la asignación de direcciones entre flash externo y periféricos.
- DAC (convertidor digital a analógico), I<sup>2</sup>C (circuito interno integrado), UART (receptor / transmisor asíncrono universal), CAN 2.0 (Red de área del controlador), SPI (Interfaz periférica en serie), I<sup>2</sup>S (Sonido Inter-IC integrado), RMII (Interfaz independiente de medios reducida), PWM (modulación de ancho de pulso).

#### d. Seguridad:

- Funciones de seguridad estándar IEEE 802.11 todas compatibles, incluyendo WFA, WPA / WPA2 y WAPI

#### e. Arranque seguro

- Cifrado flash
- OTP de 1024 bits, hasta 768 bits para clientes
- Aceleración de hardware criptográfico: AES, SHA-2, RSA, criptografía de curva elíptica (ECC), generador de números aleatorios (RNG). (Systems, ESP32 Series Datasheet, 2018)

En la Figura 3.14 se observa el hardware mediante un bloque de funciones.

Figura 3.14: Bloque de funciones módulo ESP32

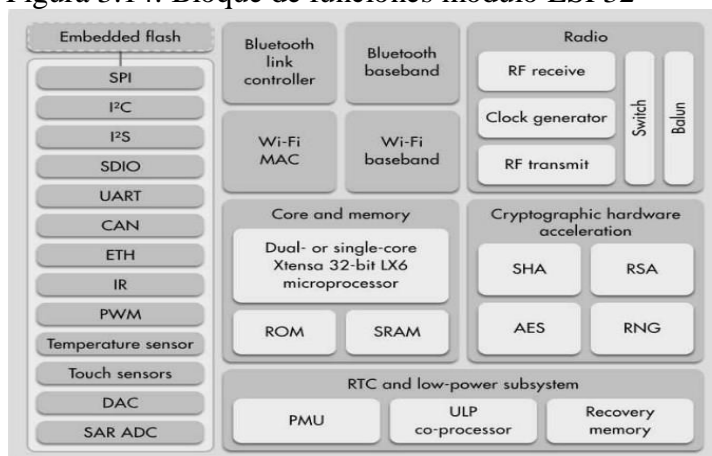


Diagrama de bloques de funciones del módulo ESP32, Fuente: (Systems, ESP32 Series Datasheet, 2018)



El ESP32 también cuenta con una serie de sensores adicionales, que mejoran su funcionamiento como:

- **Sensor Hall - ESP32:** Integra un sensor Hall basado en una resistencia N-carrier. Cuando el chip está en el campo magnético, el sensor Hall desarrolla un pequeño voltaje lateralmente en la resistencia, que puede ser medido directamente por el ADC, o amplificado por el preamplificador analógico de ruido ultra bajo y luego medido por el ADC.
- **Sensor de temperatura:** El sensor de temperatura genera un voltaje que varía con la temperatura. El voltaje se convierte internamente a través de un convertidor de analógico a digital en un código digital. El sensor de temperatura tiene un rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$ . El desplazamiento del sensor de temperatura varía de un chip a otro, debido a las variaciones del proceso o al calor generado por el propio circuito de Wi-Fi (que afecta a las mediciones). Por lo tanto, el sensor de temperatura interno solo es adecuado para aplicaciones que detectan cambios en la temperatura, en lugar de temperaturas absolutas, y también para fines de calibración. (Systems, ESP32 Series Datasheet, 2018)

### **3.4 Diseño de red de transmisión inalámbrica**

Para el presente diseño se realizó una Red de sensores inalámbricos (WSN), lo que permite la captura continua de datos en tiempo real, donde los puntos de referencia de cada máquina cizalla y plegadora serán monitoreadas y cuya transmisión de datos se realiza a través de los módulos ESP32.

#### **3.4.1 Topología de la red de transmisión inalámbrica**

La elaboración de la red está basada en una Red de Sensores Wireless (WSN) con los TTGO-ESP32 con topología estrella.

Esta topología se encuentra con un nodo central, la cual es quién realiza las tareas de administrar su enrutamiento a través de una dirección IP y transmitirla a la estación base.

En la Figura 3.15 se observa la topología de la red estrella.

Figura 3.15: Topología estrella de la red inalámbrica

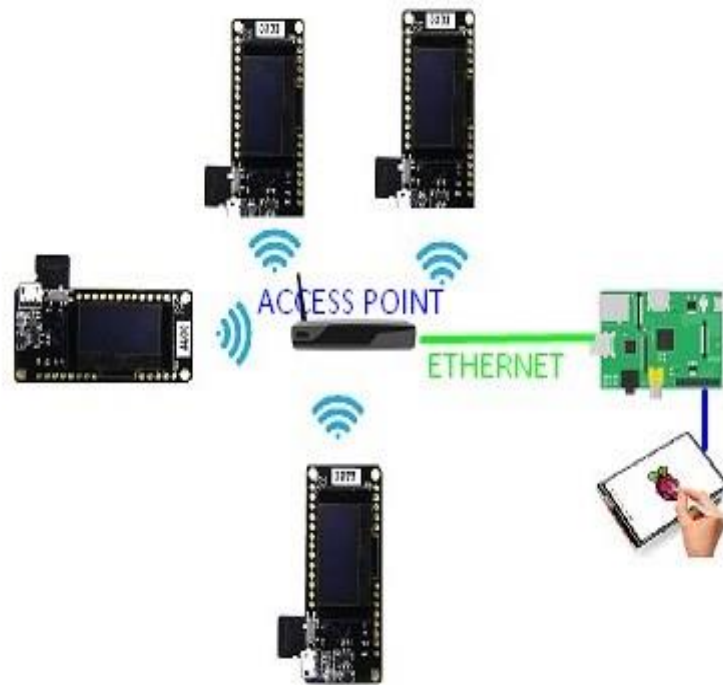


Diagrama de topología de red en estrella de los nodos sensores para el monitoreo automático de las máquinas cizallas y plegadoras conectadas a la raspberry pi3, Autora: Cristina Toapanta.

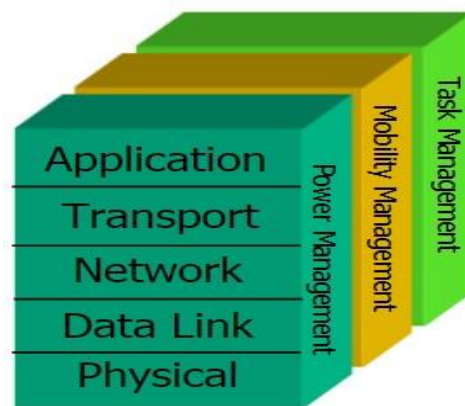
La estación base se encarga de recibir la información de los nodos sensores, los cuales utilizan comunicaciones de corto alcance como el Wi-Fi, donde posteriormente todos los datos recopilados se almacenan y se envían vía e-mail a cierta hora estipulada hacia la persona que administra la empresa Mapromec. Mediante la topología estrella la estación base puede enviar y/o recibir mensajes, en este caso solo recibirá mensajes desde los diferentes nodos sensores remotos los cuales, solo pueden comunicarse directamente a la estación base, pero no entre sí y esto a la vez permite tener menos colisiones y baja latencia en la comunicación.

### 3.4.2 Modelo de red

La red de sensores inalámbricos para transmitir los datos hacia la estación base, lo realizan a través de 5 capas en una pila de protocolos que va desde la más baja hacia la más alta.

En la Figura 3.16 se observa la pila de protocolos que usan los sensores inalámbricos.

Figura 3.16: WSN Protocol Stack



Pila de Protocolos que utiliza la red de sensores inalámbricos, Fuente: (WIMEX, 2017)

La transmisión de los datos desde los TTGO-ESP32 a la estación base lo realiza a través de las 5 capas de una pila de protocolos, empezando desde la capa física que definen como los sensores transmiten sus datos a la red para pasar a la segunda capa de enlace de datos donde se especifica la topología de la red y el control al acceso y permisos de los datos. Para, consecutivamente, enrutar los datos como paquetes a través de la capa de red y a través de la capa transporte controlar el envío y recepción de datos. Para posteriormente en la capa aplicación y mediante un software de aplicación se acceda a los datos y estos puedan ser administrados por el usuario final.

### 3.4.3 Transmisión y enrutamiento

Para la transmisión de los datos desde los nodos TTGO-ESP32 hacia el sistema automático de monitoreo. Se implementa un enrutador inalámbrico TL-WR940N el cual actúa como un punto de acceso el cual interconecta los nodos inalámbricos ESP-32 con la base de monitoreo, de esta forma acceder a ellos a través de la red local.

Las máquinas se encienden cada vez que van a usarse y se apagan una vez terminado su trabajo, por tal motivo el módulo TTGO-ESP32 se enciende a la vez con la máquina que va a trabajar y esto hace que el router le asigne una dirección IP dinámica la cual no se puede hacer uso para una aplicación específica. Por tal motivo se reasigna un IP estática/fija a cada placa TTGO-ESP32 a través de la configuración del router inalámbrico administrable TL-WR940N.

Tabla 3.11: Lista IP estáticas

NOMBRE	DIRECCION IP	MAC ADDRESS
CIZALLA SBF 3006	192.168.50.106	D8-A0-1D-60-13-18
CIZALLA MHG 3120	192.168.50.101	D8-A0-1D-60-CF-45
PLEGAORA 31300	192.168.50.103	D8-A0-1D-60-24-A8
PLEGADORA AD-R 30135	192.168.50.104	D8-A0-1D-60-E9-A0

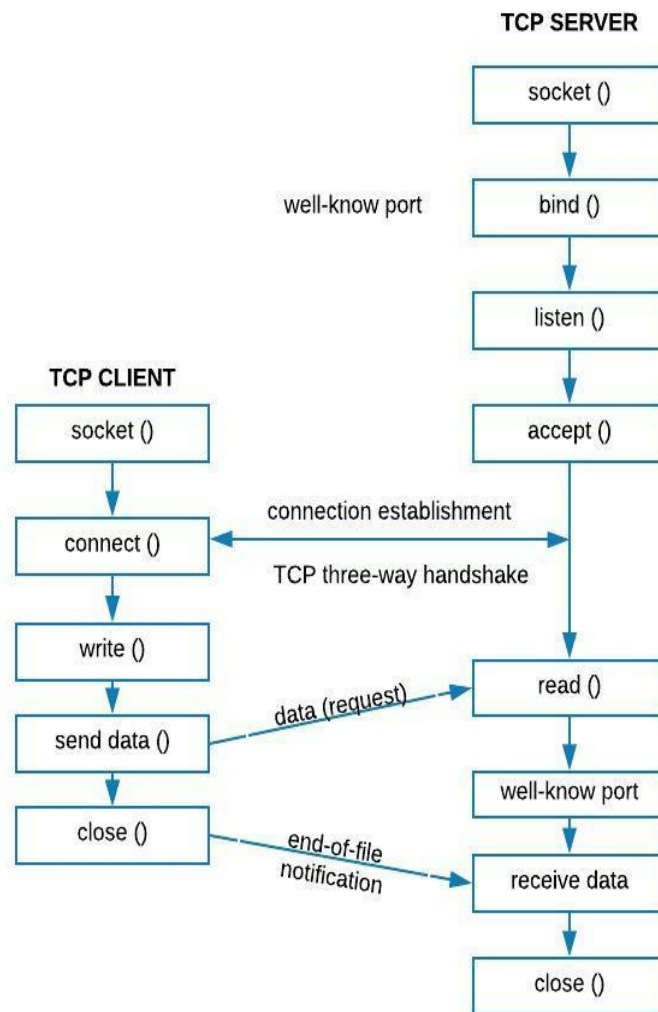
Lista de asignación IP estáticas y MAC address de los nodos TTGO-ESP32, Autora: Cristina Toapanta.

Al realizar la asignación IP estática y MAC address a cada nodo TTGO-ESP32 como se observa en la Tabla 3.11 permite asociar con los puertos que tiene que comunicarse y de esta forma tener la comunicación de cada ESP-32 con el puerto de comunicación de la base de monitoreo. La unión de estos dos parámetros se denomina socket.

Los módulos TTGO-ESP32 tienen la capacidad de alojar una aplicación y distribuir cualquier resultado dentro de una red Wi-Fi mediante el protocolo TCP/IP, este se encuentra integrada en el dispositivo en mención. Donde el cliente TCP/IP se ejecuta en el ESP-32 y el servidor TCP/IP se ejecuta en nuestra raspberry. ESP-32 envía los datos obtenidos de la máquina al servidor instalado en nuestra raspberry y son visualizados a través de una pantalla.

La Figura 3.17 muestra la interacción entre el servidor TCP y el cliente TCP.

Figura 3.17: Interacción entre el servidor TCP y cliente TCP



Conexión de un nodo TCP cliente y nodo TCP servidor en una red para comunicarse entre sí a través de un socket, Autora: Cristina Toapanta.

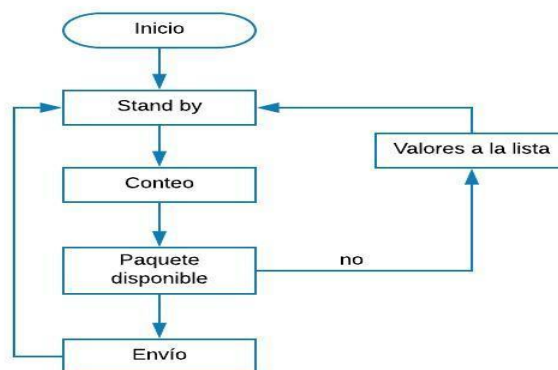
En la Figura 3.17 se observa la conexión que realiza los nodos TTGO-ESP32 hacia la base de monitoreo. Donde la transmisión de los datos se lo realiza a través del protocolo TCP/IP y una vez que se ha establecido la conexión, la comunicación del cliente TCP solo puede enviar datos hacia la aplicación de un servidor que lee y recibe los datos, los registra en la base local asigna en el sistema, el servidor espera a los clientes le soliciten conexión.

### 3.5 Diseño del algoritmo para el sistema automático de monitoreo.

El sistema automático de monitoreo consta de dos partes diferenciadas, funcionamiento local y acceso remoto, de esta forma el monitoreo es en tiempo real y de forma continua, para tener su comunicación utiliza el protocolo TCP/IP cliente-servidor.

El funcionamiento local, es donde se adquieren los datos a través del módulo TTGO-ESP32, el cual trabaja como cliente. En este caso se visualiza los números de cortes o plegados realizados por cada máquina cizalla o plegadora a través de una pantalla oled ubicados en cada máquina respectivamente. Los datos se envían de forma inalámbrica al sistema de monitoreo remoto que es el que se encarga de recibir, procesar y gestionar la información. En la Figura 3.18 se puede ver el diagrama de flujo general del comportamiento del nodo.

Figura 3.18: Comportamiento del módulo TTGO-ESP32



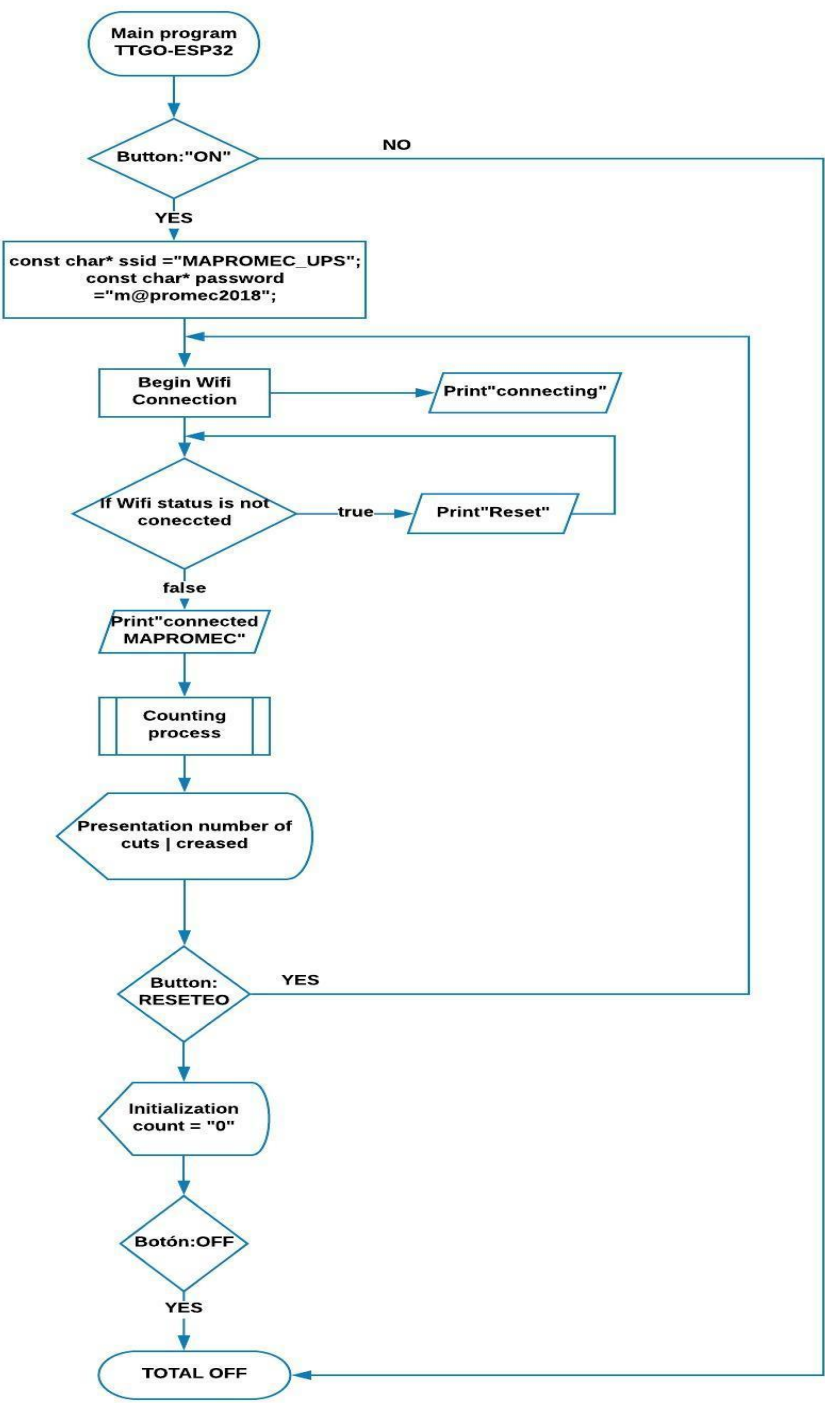
Comportamiento general de los módulos TTGO-ESP32, Autora: Cristina Toapanta.

Dentro del sistema de hardware de control para automatizar el proceso de conteo en la línea de producción de las máquinas cizallas y plegadoras el módulo TTGO-ESP32 realiza las siguientes tareas:

- Tomar el número de cortes o plegados realizados por cada máquina respectivamente.
- Permitir al operario visualizar en tiempo real el estado de proceso de conteo en la línea de producción, a través de una pantalla Oled 128x64 píxeles.
- Mantener la comunicación y el envío de los datos desde cada máquina hacia el sistema de monitoreo automático.

El programa es grabado en la memoria interna del módulo TTGO-ESP32, su funcionamiento se presenta en el siguiente diagrama de flujo de la Figura 3.19.

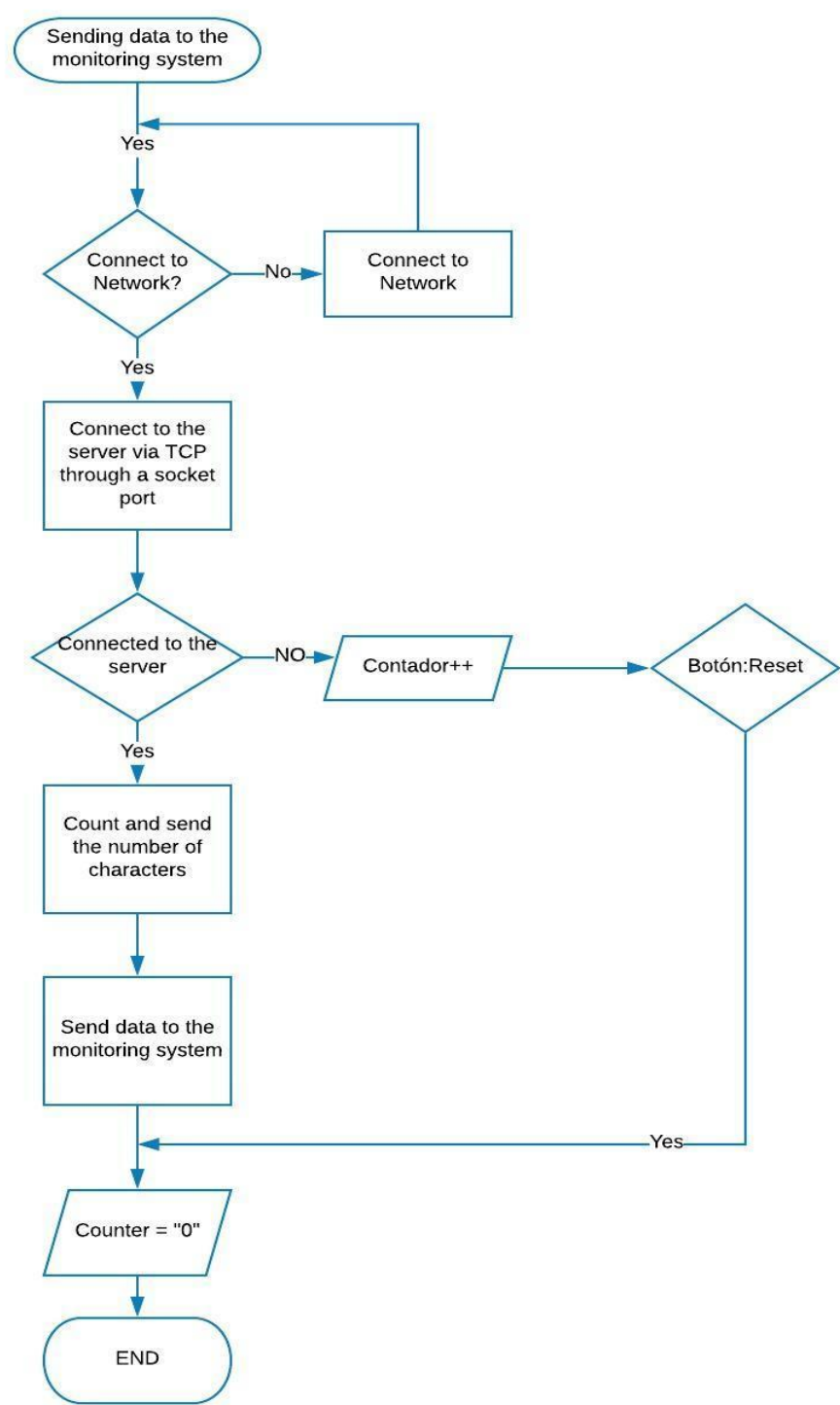
Figura 3.19: Diagrama de flujo del módulo TTGO-ESP32



Algoritmo de la conexión y proceso de conteo del módulo TTGO-ESP32, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 3.20 muestra el algoritmo de envío de datos desde el módulo TTGO-ESP32 hacia el sistema automático de monitoreo procesado en la raspberry.

Figura 3.20: Envío de datos del módulo TTGO-ESP32



Algoritmo envío de datos desde módulo TTGO-ESP32 hacia la estación de monitoreo, Autora: Cristina Toapanta.



Para tener la comunicación entre el acceso local con el acceso remoto se utiliza el protocolo TCP/IP cliente-servidor, se codifico un programa servidor en la raspberry que abre un socket TCP por el cual escucha y está en la espera de una solicitud de un cliente. En este caso el cliente es el módulo TTGO-ESP32 que envía los datos captados por el ESP32 en tiempo real. El acceso remoto ubicado en la oficina de la empresa, permite realizar el monitoreo a través de una pantalla en donde se visualiza el conteo actual en proceso, el conteo final realizado y el conteo total al final de la jornada de trabajo de cada máquina, adquiridas por los dispositivos TTGO-ESP32.

En la Figura 3.21, se muestra el algoritmo para el procesamiento de los datos obtenidos, en el sistema automático de monitoreo, cuando se inicia el servidor, crea un socket de servidor es como un enchufe eléctrico que usa un puerto particular y entra en estado de espera. Luego se inicia un hilo SocketHandler que maneja la conexión con el cliente, el servidor está escuchando a un cliente entrante. Posteriormente el cliente empieza a establecer un enlace de comunicación con el servidor utilizando su dirección Ip y numero de puerto. En nuestro caso tanto el cliente como el servidor están conectados a un mismo enrutador y utilizan el mismo segmento Ip.

Todos los datos recibidos por el servidor TCP se van almacenando en una base de datos local en el sistema, que se conforma:

- Identificación del módulo.
- Datos obtenidos de cortes o plegados realizados.
- Hora y fecha de realización.

Está información se almacena en archivos de formato CSV y enviados por correo electrónico a cierta hora programada en el sistema automático de monitoreo.

Figura 3.21: Diagrama de flujo sistema automático de monitoreo

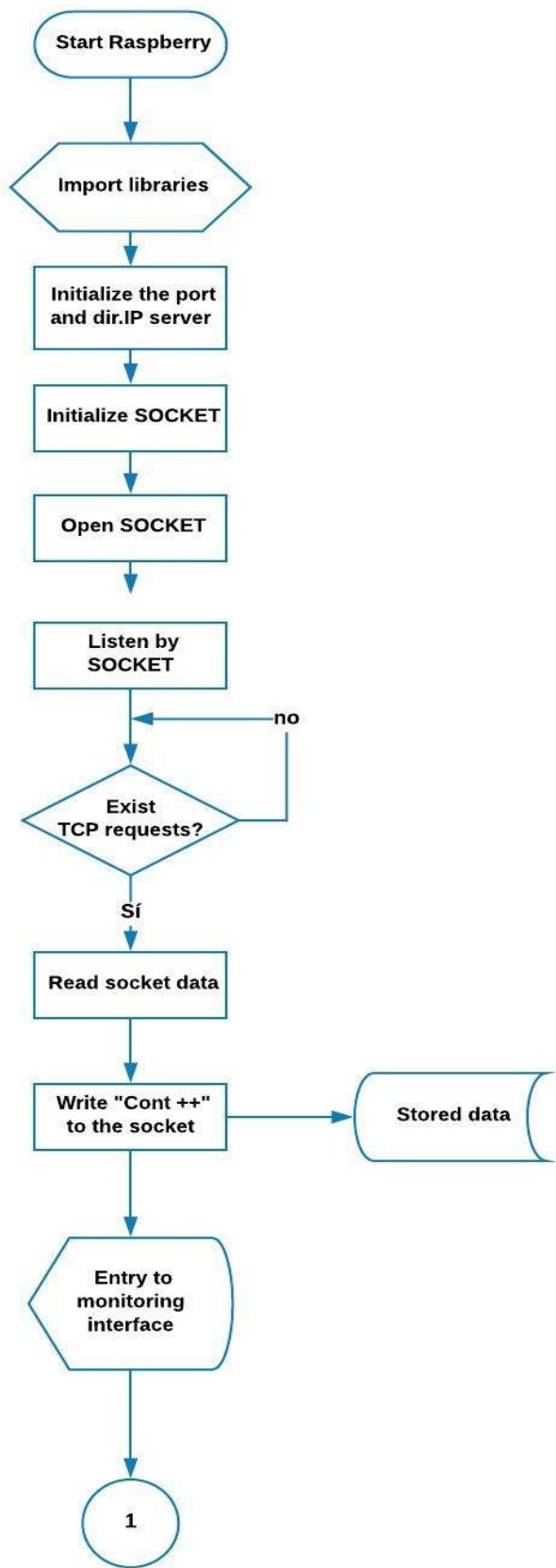


Diagrama de flujo general del sistema automático de monitoreo para la recepción y visualización de los datos, Autora: Cristina Toapanta.

Continuación del diagrama de flujo:

Figura 3.22: Diagrama de flujo sistema automático de monitoreo

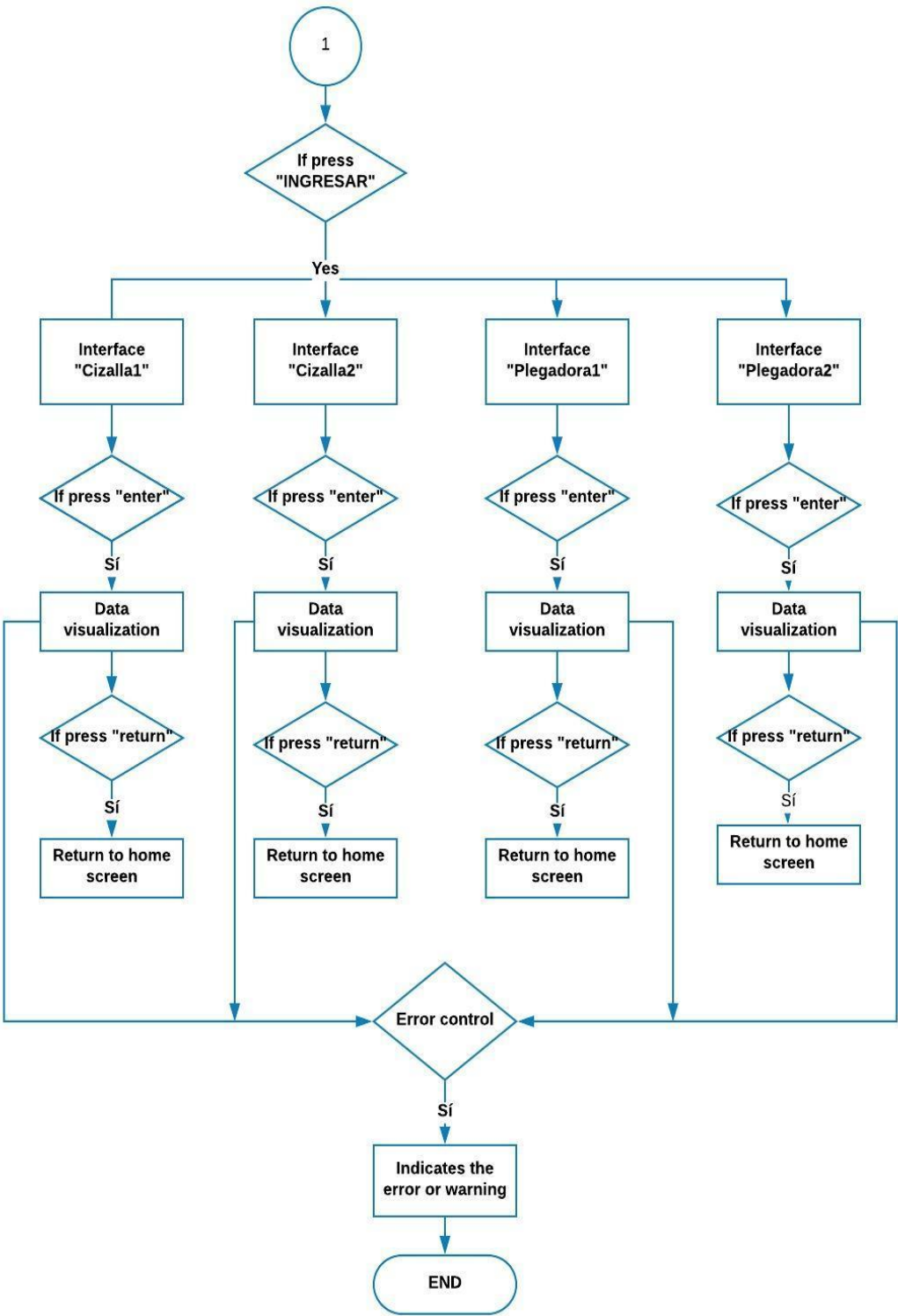


Diagrama de flujo general del sistema automático de monitoreo para la recepción y visualización de los datos, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 3.22, el diagrama de flujo inicia desde que se abre la interfaz gráfica desarrollada en Python con kivy, establece la conexión con los nodos para la adquisición de los datos.

El usuario tiene la opción de elegir que máquina o máquinas que necesita monitorear y tiene la opción de retornar a la interfaz de elección de las máquinas. Por último, el proceso más importante es el control de errores que le va permitir al usuario saber si existe o no comunicación entre el sistema de monitoreo local con el sistema de monitoreo remoto.

### **3.5 Implementación del software y hardware**

#### **3.5.1 Implementación de Software Arduino**

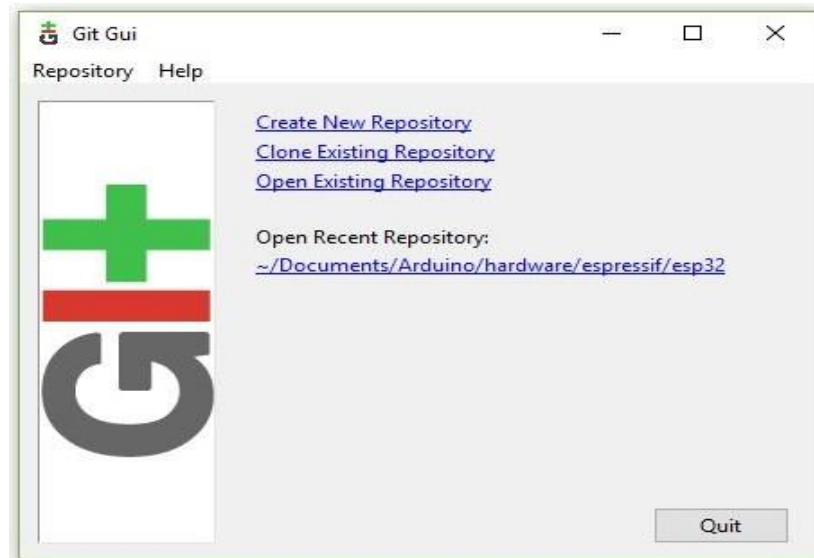
A través de la programación se define el comportamiento del sistema así como la administración de los datos y la creación de una interfaz para el usuario.

El código de programación para el módulo TTGO-ESP32 está escrito en el entorno IDE de Arduino, en el cual se realiza el código que establece la comunicación, la adquisición de datos, así como las sentencias de envío de datos hacia el sistema automático de monitoreo remoto. Los pasos para instalar los drivers para el módulo TTGO-ESP32 para el soporte de Arduino en Windows son:

- a. Descargar e instalar el último instalador de Arduino IDE para Windows de [arduino.cc](https://www.arduino.cc)
- b. Descargar e instalar Git desde [git-scm.com](https://git-scm.com), 2 programas se instalan GITBASH y GIT GUI.
- c. Iniciar Git GUI y ejecute los siguientes pasos:
  - Abra el programa Git Gui interfaz gráfica de usuario. Haga clic en clonar repositorio existente.

En la Figura 3.23 se observa la interfaz gráfica del Menú Git.

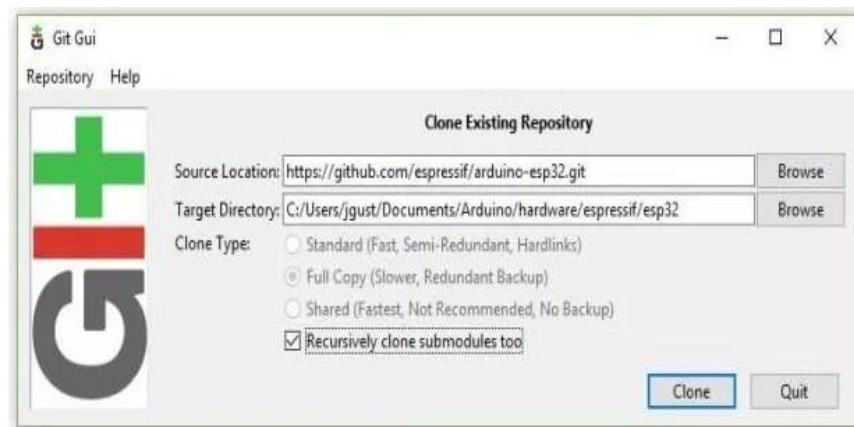
Figura 3.23: Menú Git Gui



Menú Git Gui instalado en el computador, Autora: Cristina Toapanta

- Seleccione origen y destino, como se muestra en la Figura 3.24.

Figura 3.24: Origen y destino Git Gui



Selección de parámetros de ubicación y dirección de destino para Git Gui, Autora: Cristina Toapanta

Después de llenar todos los campos, haga clic en Clone para iniciar la clonación del repositorio.

- d. Después de la clonación de los archivos, diríjase a la carpeta donde clono el repositorio ESP32, como se observa en la Figura 3.25

Figura 3.25: Clonación de la carpeta ESP32

Nome	Data de modifícaç...	Tipo	Tamanho
dist	06/02/2018 22:36	Pasta de arquivos	
mkspliffs	06/02/2018 22:47	Pasta de arquivos	
partitions	06/02/2018 22:24	Pasta de arquivos	
sdk	06/02/2018 22:24	Pasta de arquivos	
xtensa-esp32-elf	06/02/2018 22:36	Pasta de arquivos	
build	06/02/2018 22:24	Python File	5 KB
common	06/02/2018 22:24	Shell Script	3 KB
esptool	06/02/2018 22:24	Aplicativo	3,936 KB
esptool	06/02/2018 22:47	Aplicativo	3,382 KB
esptool	06/02/2018 22:24	Python File	113 KB
gen_esp32part	06/02/2018 22:24	Aplicativo	3,260 KB
gen_esp32part	06/02/2018 22:24	Python File	15 KB
get	06/02/2018 22:24	Aplicativo	5,090 KB
get	06/02/2018 22:24	Python File	5 KB
platformio-build	06/02/2018 22:24	Python File	8 KB

Controladores instalados para la ejecución del módulo ESP32, Autora: Cristina Toapanta

- e. Como se observa en la Figura 3.26 dar clic en GET y ejecutar la aplicación. Terminada la ejecución se tendrá la siguiente ventana como se observa en la Figura 3.26.

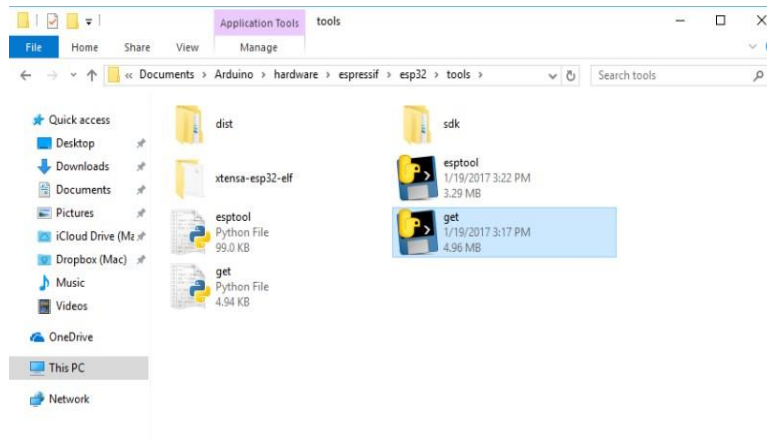
Figura 3.26: Ejecución de la carpeta GET.EXE



Ejecución de la aplicación para el módulo ESP32, Autora: Cristina Toapanta

Cuando termina la ejecución GET.EXE, se podrá ver los archivos como se observa en la Figura 3.27 y tenemos listo el PC para trabajar con el ESP32.

Figura 3.27: Archivos para ESP32



Controladores instalados para el módulo ESP32, Autora: Cristina Toapanta

- f. Conectar el módulo TTGO-ESP32 y esperar a que se instalen los controladores (o instale manualmente los que se requieran).
- g. Al iniciar Arduino IDE, seleccione la opción Herramientas, menú y seleccione el puerto COM al que está conectada la placa. Compilar y cargar (es posible que deba mantener presionado el botón de arranque mientras se carga).

Terminada la instalación para el funcionamiento del módulo TTGO-ESP32, se realiza la programación en el entorno IDE de Arduino, para la adquisición de datos y el envío de datos hacia el sistema automático de monitoreo remoto.

Se incluyen las siguientes librerías de la placa TTGO-ESP32 como las variables donde se guardan los datos las que son usan posteriormente en el programa, como se observa en la Figura 3.28.

Figura 3.28: Declaración librerías y variables

```
MAPROMEC $
#include "WiFi.h"
#include <WiFiClient.h>
#include <WiFiServer.h>
#include <SPI.h>
#include "SSD1306Wire.h"
#include "OLEDDisplayUi.h"
#include <Thread.h>
#include <ThreadController.h>
int aux = 0;
Thread pulsadorcizalla1=Thread();
ThreadController controlHilos = ThreadController();
#define tiempo_envio 50
const int timeThreshold = 777 ;
long timeCounter = 0;
int valorPulsador = 0;
const int timeThreshold2 = 330 ;
long timeCounter2 = 0;
int memoria_conteo = 0;
SSD1306Wire display(0x3c, 21, 22);
const byte Pedal = 35;
const int Reset = 25;
#define tiempo_envio 50
const char* ssid ="MAPROMEC_UPS";
const char* password ="m@promec2018";
int ISRCounter = 0;
int counter = 0;
int reset_button = 0;
WiFiServer servidorTCP(8266);
WiFiClient clienteTCP;
```

Inclusión de las librerías y variables para el módulo TTGO-ESP32, Autora: Cristina Toapanta.

En la función setup () se ejecuta la conexión con el servidor TCP programado en la Raspberry Pi, se define el puerto de comunicación y la IP para la conexión y la vez a través de la pantalla oled del Módulo TTGO-ESP32, observar localmente el trabajo que realiza la máquina.

En el bucle loop (), fija el procedimiento de adquisición de datos hacia el sistema automático de monitoreo a través del protocolo TCP/IP.

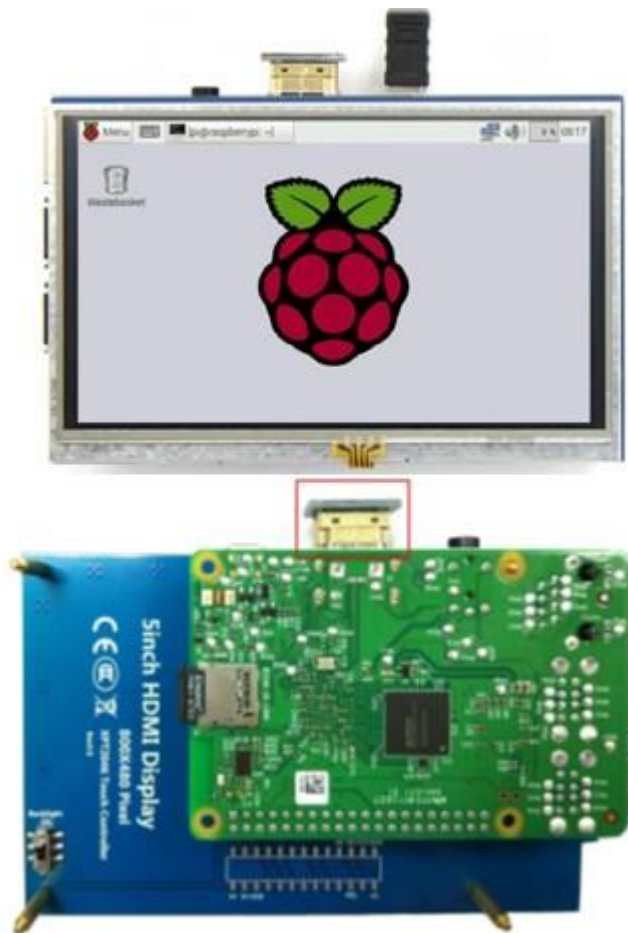


### 3.5.2 Implementación de Software Python y Kivy

Raspberry pi trabaja con el sistema operativo Raspbian y con el lenguaje de programación Python y a la vez con Kivy que es un framework para Python que permite desarrollar interfaces amigables y con propiedades táctiles.

En la Figura 3.29 se muestra, el sistema automático de monitoreo se lo realiza a través de una pantalla HDMI táctil resistiva de 5 pulgadas de 800x480 pixeles de resolución que está conectada a la Raspberry pi a través de un adaptador HDMI.

Figura 3.29: Pantalla HDMI táctil “5”



Pantalla táctil empleada en el sistema automático de monitoreo, Fuente: (Akozon, 2016)

La instalación de los drivers de la pantalla se lo realiza en el sistema operativo Raspbian ingresando al terminal el siguiente código:

- git clone <https://github.com/goodtft/LCD-show.git>
- chmod -R 755 LCD-show
- cd LCD-show/
- sudo ./LCD-5show

El programa general para el sistema automático de monitoreo se lo realiza en la Raspberry, para lo cual se debe descargar el sistema operativo Raspbian para la Raspberry pi desde su página oficial y escribirlo en una tarjeta SD mayor o igual a 16 Gb categoría 10, a través de Etcher es una herramienta gráfica de escritura para tarjetas SD que funciona en Mac OS, Linux y Windows. Para escribir la imagen se realiza lo siguiente:

- Descargar Etcher e instalarlo
- Conectar un lector de tarjetas SD con la tarjeta SD en el interior.
- Abrir Etcher y seleccione de su disco duro la imagen de Raspbian previamente descargada.
- Seleccione la tarjeta SD en la que se desea escribir la imagen.
- Hacer clic en “FLASH” para comenzar a escribir en la tarjeta SD.

Por default en el sistema operativo Raspbian tiene el software de Python ya instalado. Para la interacción entre kivy y la Raspberry pi para la interfaz de monitoreo se debe instalar por medio del terminal en la Raspberry se instala Kivy.

El lenguaje de programación desarrollado en Python para el sistema automático de monitoreo se implementó las siguientes librerías y la declaración de variables como se observa en la Figura 3.30.

Figura 3.30: Declaración librerías y variables en Python

```
import pandas as pd
from pandas import DataFrame, read_csv
import csv, operator
from kivy.app import App
from kivy.ui.screenmanager import ScreenManager, Screen, FadeTransition
from kivy.lang import Builder
from kivy.ui.boxlayout import BoxLayout
from kivy.ui.scrollview import ScrollView
from kivy.ui.label import Label
from kivy.ui.slider import Slider
from kivy.properties import NumericProperty
import threading
from kivy.ui.togglebutton import ToggleButton
import socket
import smtplib
from kivy.properties import StringProperty
import time
import smtplib
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
from email.mime.text import MIMEText
from email.MIMEBase import MIMEBase
from email import encoders
from kivy.core.window import Window
Window.size = (700, 480)
```

Inclusión de las librerías y variables en el lenguaje de programación Python para el sistema automático de monitoreo, Autora: Cristina Toapanta.

Por medio del lenguaje de programación realizado en Python se establece la conexión y la recepción desde el monitoreo local hacia el monitoreo remoto.

En la Figura 3.31 se muestra la recepción de los datos en el sistema de monitoreo remoto.

Figura 3.31: Recepción de datos

```

if self.Btn.state == 'normal':
    def recibeDatos():

        ESP_IP = '192.168.50.103'
        ESP_PORT = 8266
        s = socket.socket(socket.AF_INET,socket.SOCK_STREAM) # CONEXION A LA RASPBERRY
        s.connect((ESP_IP , ESP_PORT))
        s = socket.socket(socket.AF_INET,socket.SOCK_STREAM) # CONEXION A LA RASPBERRY
        s.connect((ESP_IP , ESP_PORT))

        aux = 0
        estado = True
        while estado==True:
            Dato =s.recv(1024)
            if Dato != 'x':
                anterior =Dato

                self.Label1.text = Dato

            if Dato == 'x':
                estado==True

                self.Label2.text = anterior
                acum1 = int (anterior)
                aux= acum1+aux
                acumulado = str(aux)
                self.Label3.text = acumulado
                S1 = pd.DataFrame({'Fecha':[time.strftime('%x')],
                                #'Mes':[time.strftime('%m')],
                                #'Anual':[time.strftime('%y')],
                                'Nombre':['Cizalla1'],
                                'Hora':[time.strftime('%R')],
                                'Corte':[anterior], 'Corte_total':[acumulado]},columns=['Fecha', 'Nombre', 'Corte', 'Hora', 'Corte_total'])
                S1.to_csv(direccion_sizalla1, sep=',', mode='a', index=False, header=False)

            if time.strftime("%H:%M:%S") == '18:00:00':
                sendemail_cizalla1('mapromecups@gmail.com', 'mapromecups@gmail.com')

```

Recepción de los datos desde el monitoreo local hacia el monitoreo remoto, Autora: Cristina Toapanta.

La programación de sockets permite trabajar con procesos que funcionan concurrentemente. Los sockets enlazan procesos asincrónicos con un solo canal bidireccional.

La comunicación del socket se realiza a través del siguiente método:

- s= socket.socket (socket. AF\_INET, socket.SOCK\_STREAM)

Donde SOCK\_STREAM es un protocolo que permite la comunicación fiable de dos direcciones en un flujo de datos (TCP).

Al establecer la conexión, posteriormente entra al condicional while estado==True, lo cual permite recibir datos y como parámetro la cantidad de bytes para recibir

Dato=S.recv (1024). Los datos recibidos se almacenan en una carpeta designada en la raspberry como S1, donde se guarda la información con el formato de nombre, fecha, hora.

Para el desarrollo de la interfaz del sistema automático de monitoreo se debe tener en cuenta cada botón cada, imagen su desarrollo es código y maneja jerarquías para el control de las ventas. La primera ventana es la interfaz de bienvenida e ingreso para el usuario.

La Figura 3.32 muestra la interfaz de ingreso realizada en el sistema de monitoreo remoto.

Figura 3.32: Interfaz de ingreso



Interfaz de bienvenida e ingreso para el usuario del sistema automático de monitoreo Autora: Cristina Toapanta.

La siguiente ventana es la interfaz de selección que tiene el usuario para elegir que máquina o máquinas necesita monitorear.

La Figura 3.33 representa la interfaz de selección realizada en el sistema de monitoreo remoto.

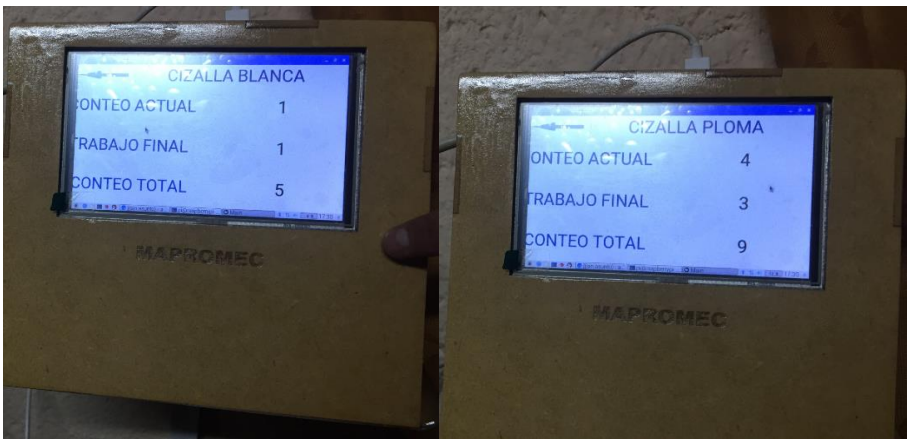
Figura 3.33: Interfaz de selección para el usuario



Interfaz de selección para el usuario que máquina o máquinas quiere monitorear a la vez, Autora: Cristina Toapanta.

La tercera ventana de la interfaz es el monitoreo de la máquina seleccionada en el cual se visualiza el conteo actual que está realizando la máquina, el conteo anterior realizado definido como trabajo realizado y el conteo total que representa la acumulación del trabajo realizado de la máquina, como se observa en la Figura 3.34.

Figura 3.34: Interfaz de monitoreo



Interfaz del sistema automático de monitoreo Autora: Cristina Toapanta.

### 3.5.3 Implementación del Hardware

Mediante SolidWorks se diseñó la caja para el módulo TTGO-ESP32.

La Figura 3.35 representa el diseño realizado.

Figura 3.35: Diseño de la caja TTGO-ESP32



Diseño de la caja para las máquinas cizallas y plegadoras, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 3.36 se presenta la implementación del hardware de control para automatizar el proceso de conteo en la línea de producción de las máquinas y el módulo TTGO-ESP32.

Figura 3.36: Implementación del hardware



Implementación del hardware en las máquinas, Autora: Cristina Toapanta.

Para el funcionamiento del sistema automático de monitoreo remoto ubicado en la oficina, se requiere una toma de alimentación de 110v para energizar la Raspberry pi y una conexión por cable Ethernet. Para la pantalla de monitoreo la caja se realizó con material mdf y corte láser el resultado final de implementación en la oficina.

En la Figura 3.37 se observa la implementación del sistema monitoreo remoto en la oficina.

Figura 3.37: Implementación pantalla.



Implementación del hardware de la pantalla del sistema automático de monitoreo, Autora: Cristina Toapanta.



CAPÍTULO 4

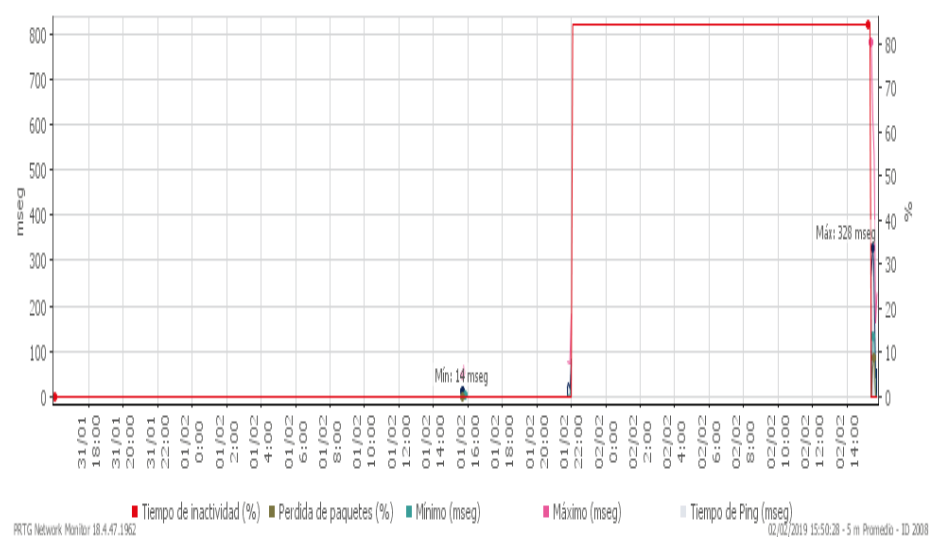
PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez concluido el capítulo 3, se realizan las respectivas pruebas, con el objetivo de evaluar el correcto funcionamiento del sistema automático de monitoreo.

4.1 Pruebas de conectividad

Las pruebas de conectividad se realizaron a través del software PRTG Network Monitor, ya que permite monitorear redes de cualquier tamaño como el ancho de banda, uso, tiempo de conectividad y porque descubre automáticamente la red y la configuración de los sensores asociados. En la Figura 4.1 se presentan los datos obtenidos de la máquina plegadora asignada con la dirección IP: 192.168.50.104.

Figura 4.1: Estado de conectividad del módulo TTGO-ESP32

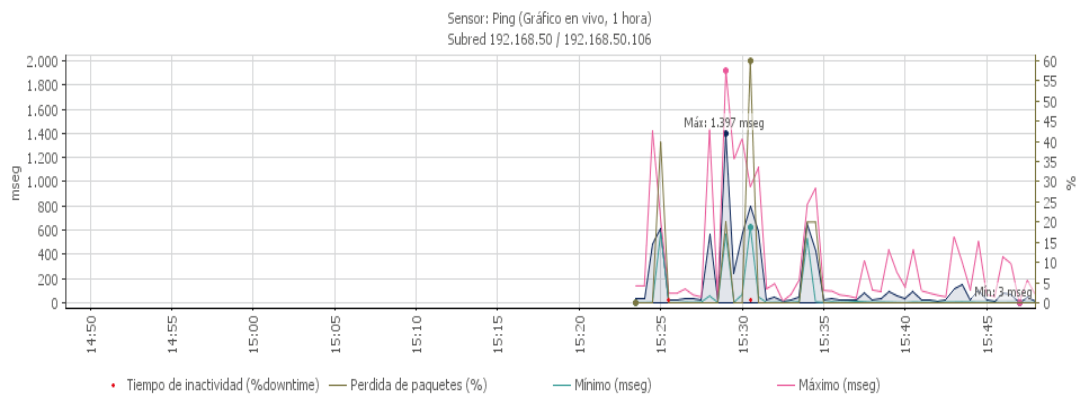


Estado de conectividad de la máquina plegadora AD-R 30135, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 4.1 se observa el tiempo de inactividad de la máquina ha sido de dos días a través de la línea de color rojo, mientras la línea de color morado representa la actividad de conexión de la máquina hasta el periodo que ha realizado su trabajo.

Mientras en la Figura 4.2 se observa el trabajo que realiza la máquina cizalla designa con la Ip: 192.168.50.106 y la transmisión de los datos hacia el sistema automático de monitoreo.

Figura 4.2: Envío de paquetes del nodo 192.168.50.106



Envío de paquetes de la máquina cizalla designa con la Ip: 192.168.50.106 hacia el sistema de monitoreo, Autora: Cristina Toapanta.

En la Figura 4.2 se observa el tiempo mínimo y máximo en que se envían los datos hacia el sistema monitoreo de remoto y el porcentaje de perdida de paquetes representado por el color verde.

4.2 Prueba de funcionamiento

Mediante el escaneo de conectividad de la Figura 4.2 se obtuvo la siguiente Tabla 4.1

Tabla 4.1: Tabulación de la transmisión de datos

Fecha Hora	Tiempo de Ping	Mínimo	Máximo	Perdida de paquetes	Tiempo de inactividad	Cobertura
Promedios (de 63 valores)	142 mseg	43 mseg	354 mseg	3 %	5 %	100 %

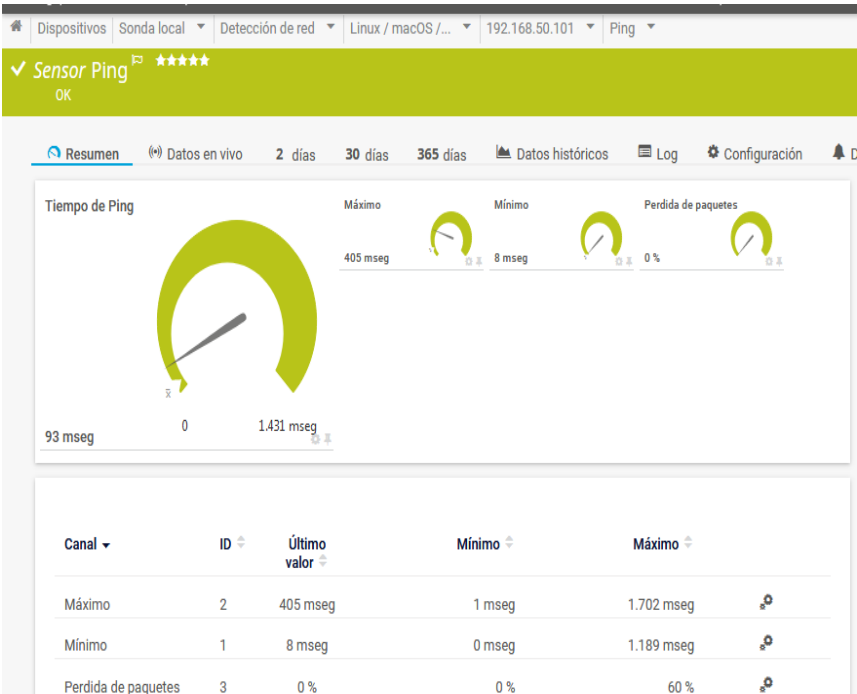
Fecha Hora	Tiempo de Ping	Mínimo	Máximo	Perdida de paquetes	Tiempo de inactividad	Cobertura
02/02/2019 15:23:58	35 mseg	2 mseg	140 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:24:30	489 mseg	4 mseg	1.420 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:25:03	616 mseg	580 mseg	687 mseg	40 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:25:38	Error	Error	Error	Error	Error	100 %
02/02/2019 15:25:39	Error	Error	Error	Error	Error	100 %
02/02/2019 15:25:58	18 mseg	2 mseg	79 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:26:28	33 mseg	5 mseg	114 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:26:58	38 mseg	4 mseg	65 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:27:28	27 mseg	7 mseg	48 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:28:01	571 mseg	56 mseg	1.432 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:28:28	10 mseg	4 mseg	24 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:29:05	1.397 mseg	561 mseg	1.922 mseg	20 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:29:29	244 mseg	4 mseg	1.185 mseg	0 %	0 %	100 %

Fecha Hora	Tiempo de Ping	Mínimo	Máximo	Perdida de paquetes	Tiempo de inactividad	Cobertura
02/02/2019 15:36:28	26 mseg	7 mseg	56 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:36:58	19 mseg	12 mseg	39 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:37:28	79 mseg	8 mseg	351 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:37:58	27 mseg	5 mseg	105 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:38:28	39 mseg	6 mseg	93 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:38:58	97 mseg	5 mseg	435 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:39:28	53 mseg	3 mseg	251 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:39:58	30 mseg	2 mseg	130 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:40:28	96 mseg	6 mseg	437 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:40:58	25 mseg	5 mseg	99 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:41:28	21 mseg	5 mseg	80 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:41:58	17 mseg	4 mseg	62 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:42:28	18 mseg	6 mseg	49 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:42:58	116 mseg	6 mseg	549 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:43:28	152 mseg	7 mseg	336 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:43:58	28 mseg	6 mseg	106 mseg	0 %	0 %	100 %
02/02/2019 15:44:28	109 mseg	4 mseg	512 mseg	0 %	0 %	100 %

Tabulación de la transmisión de datos, que ha realizado la máquina cizalla SBF 3006, desde las 15:23 hasta las 15:40. Autora: Cristina Toapanta.

Para verificar la conexión y transmisión se escanea la Raspberry habilitada por la Ip: 192.168.50.101, en la Figura 4.3 se observa los datos generales de comunicación entre el sistema local hacia el sistema remoto.

Figura 4.3: Envío de paquetes del nodo 192.168.50.106 hacia la Raspberry



Escaneo de la conexión del sistema local hacia el sistema remoto, ubicado en la raspberry. Autora: Cristina Toapanta.

## **CONCLUSIONES**

La caracterización de cada máquina cizalla y plegadora, se utilizó para entender cual es su funcionamiento y conocer cuáles son los voltajes y corrientes de operación de cada máquina respectivamente y con esto desarrollar el hardware de automatización para el proceso de conteo y hardware comunicación inalámbrica y con esto se verifico que independientemente de los nuevos elementos que conforman a cada máquina, no afectan o perjudican al desempeño normal de trabajo de las máquinas.

El desarrollo del sistema de automático de monitoreo local como remoto en la Empresa Mapromec para las máquinas cizallas y plegadoras permitió reducir el tiempo de facturación hacia el cliente y garantizar el número de cortes y plegados que ha realizado cada máquina.

Se comprobó que el hardware implementado para el sistema automático de monitoreo, satisface las necesidades de conexión inalámbrica de los datos desde el monitoreo local hacia el monitoreo remoto.

Se comprobó que mediante la asignación de Ip's estáticas a cada uno de los módulos TTGO-ESP32, permite a la red de transmisión inalámbrica tener interacción correcta con la conexión cliente TCP/IP y servidor TCP/IP.

La implementación de un software libre junto con la tarjeta Raspberry pi y los módulos TTGO-ESP32 permitieron crear un sistema de adquisición de datos en tiempo real y tener un monitoreo local como remoto referente al trabajo que realiza una máquina y que sus datos sean visualizados tanto como el usuario, el operario y la administración.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda, antes de realizar cualquier tipo de implementación adicional a las máquinas cizallas y plegadoras, hacer un sistema de mantenimiento predictivo de esta forma conocer el estado y operatividad de las máquinas.

Se recomienda, tener una instrucción del funcionamiento de las máquinas a través del operario que las maneja de esta manera relacionar los conocimientos empíricos con los teóricos, y de esta forma tener un correcto funcionamiento de las máquinas.

Se recomienda al momento de utilizar los módulos TTGO-ESP32, siempre debe estar conectada la antena, caso contrario puede dañar el chip.

Se recomienda realizar un sistema de protección para la alimentación de 110 voltios hacia la raspberry, ya que existen caídas de tensión en la empresa.

Se recomienda actualizar el software del sistema automático de monitoreo en lo posterior ya que existe actualizaciones que permitirán mejorar el sistema.

## REFERENCIAS

A.S, B. M. (2016). *TURQUIA Patente nº 23665*.

A.S., B. M. (2016). *TURQUIA Patente nº 23664*.

Akozon. (26 de 08 de 2016). Display User Manual.

DURMAZLAR. (02 de JULIO de 2014). *DURMA INSTRUCCIONES*.

GUTIÉRREZ, J. (07 de junio de 2017). *Introducción a RAOS en Raspberry PI*.

Obtenido de

<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/63705/3/jgutierrezperTFM0617memoria.pdf>

IBÉRICA, I. (Febrero de 2018). *Soluciones Industriales*. Obtenido de

<https://www.imabeiberica.com/es/noticias-imabe-iberica/entry/prensas-cizalla>

INSTRUMENTS, T. (MAYO de 2016). *LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power*

*Converter 150-kHz*. Obtenido de

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>

INTEL. (2017). *Intel Education*. Obtenido de

<https://www.intel.com/content/www/us/en/education/intel-education.html>

INTEL. (05 de Diciembre de 2017). *Protocolo WIFI*. Obtenido de

<https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000005725/network-and-i-o/wireless-networking.html>

JORDI.ES. (29 de Agosto de 2017). *Tipos de plegadoras*. Obtenido de

<http://www.jordi.es/es/noticias/tipos-de-plegadoras-10>

MAHENOR. (2014). *DURMA CATALOGO DE MAQUINARIA*. Obtenido de

<http://www.mahenor.com/files/Mahenor-catalogo-de-maquinaria-por-corte-y-deformacion-2014.pdf>

MÁQUINAS-HERRAMIENTAS. (26 de Mayo de 2015). *Introducción a la prensa dobladora*. Obtenido de

<http://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/prensa-dobladora>

MGH3120, B. (2016). *TURQUIA Patente nº 23665*.

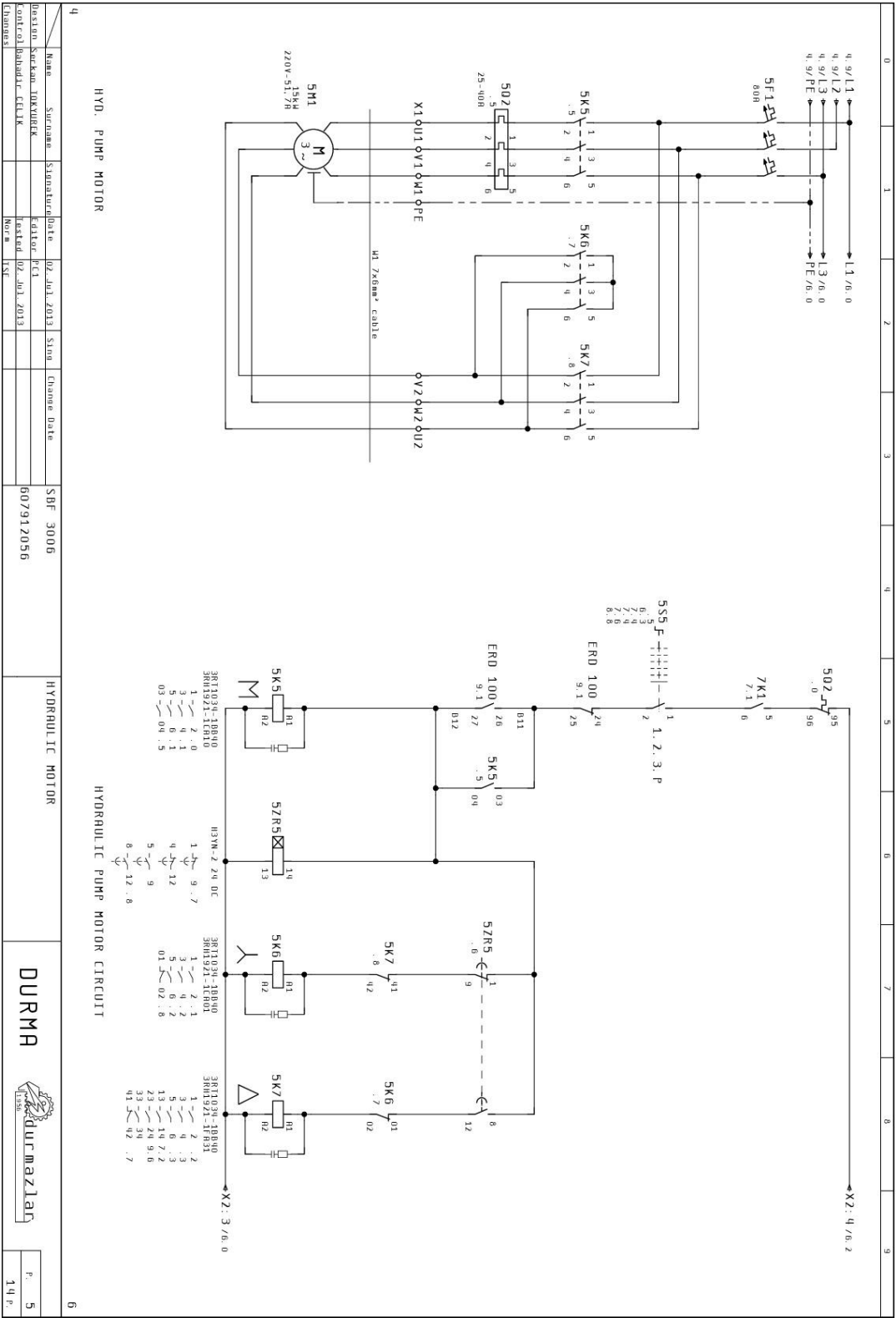
- Mheducation. (marzo de 13 de 2015). *Despliegue de Redes Inalámbricas*. Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844818386X.pdf>
- NODEMCU. (2016). *IOT*. Obtenido de [http://www.nodemcu.com/index\\_en.html#fr\\_54747361d775ef1a3600000f](http://www.nodemcu.com/index_en.html#fr_54747361d775ef1a3600000f)
- Novoa, J. M. (Diciembre de 05 de 2017). *WIFI*. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/18804/6/jluacesTFC0113memoria.pdf>
- RASPBERRY. (20 de diciembre de 2016). *RASPBERRY PI 3 MODEL B*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- RASTROMÁQUINAS. (2016). *Cizalla hidráulica de corte pendular Ferry CBC-206*. Obtenido de <http://www.rastromaquinas.com/cizalla-hidraulica-de-corte-pendular-ferry-cbc-206/>
- Salazar, J. (2015). *Redes Inalámbricas*. Obtenido de <http://techpedia.fel.cvut.cz/home/blocks>
- SINC, M. (27 de Julio de 2016). *PROCESOS DE PLEGADO*. Obtenido de <https://www.mecanizadossinc.com/proceso-plegado-doblado/>
- Systems, E. (2018). *ESP32 Series*. Obtenido de ESP32 Series: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
- Systems, E. (2018). *ESP32 Series Datasheet*. Obtenido de ESP32 Series Datasheet: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
- WIMEX. (30 de JULIO de 2017). *COMUNICACIÓN INALÁMMBRICA A INTERNET DE ALTO RENDIMIENTO*. Obtenido de <https://www.aulaclie.es/articulos/wifi.html>



ANEXOS

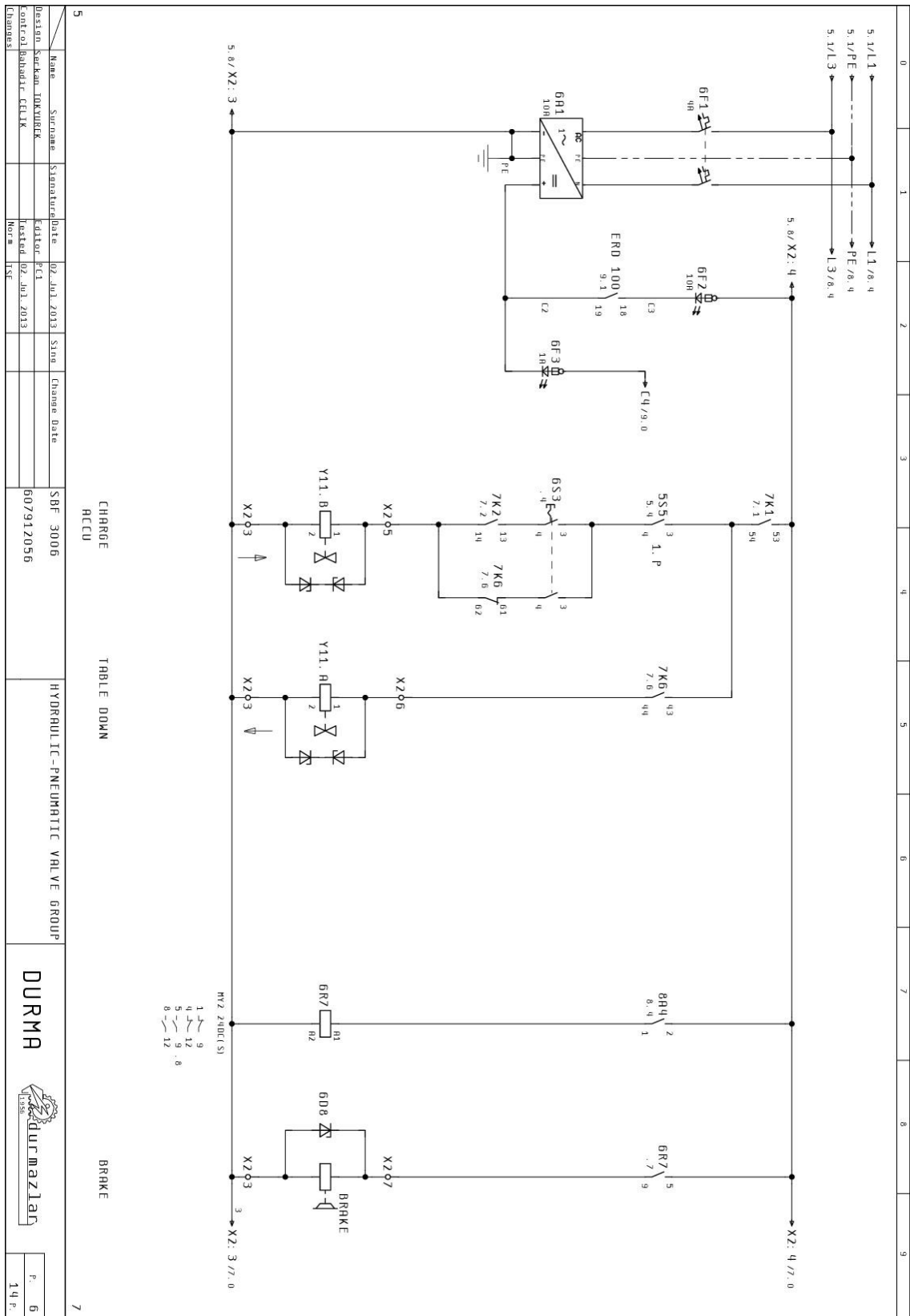
CIZALLA SBF3006

Circuito Hidráulico

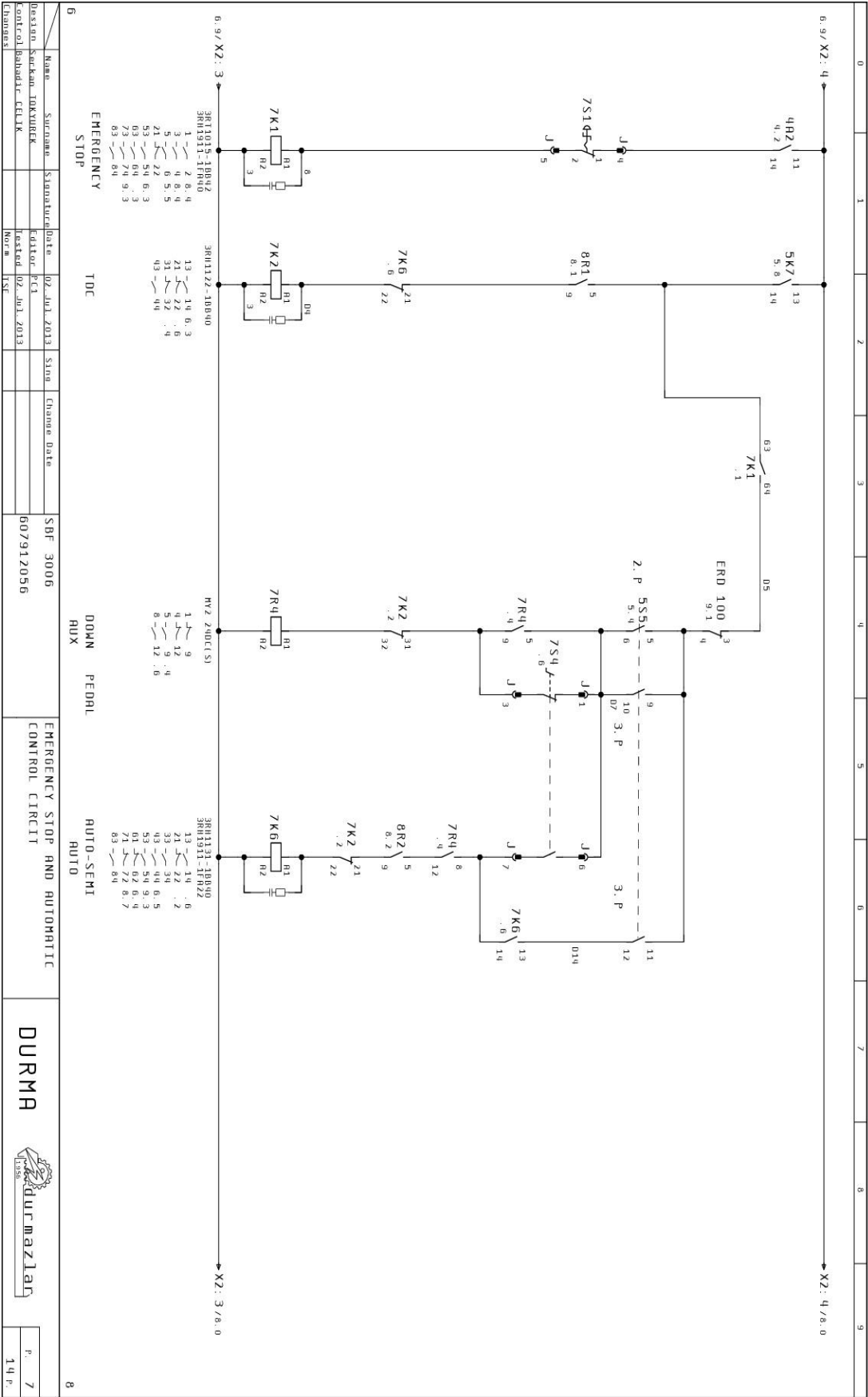


Design	Signature	Date	Signature	Date	Signature	Signature	Signature
Control	Signature	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor
Control	Signature	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor
Control	Signature	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor	01. Jul 2013	Editor

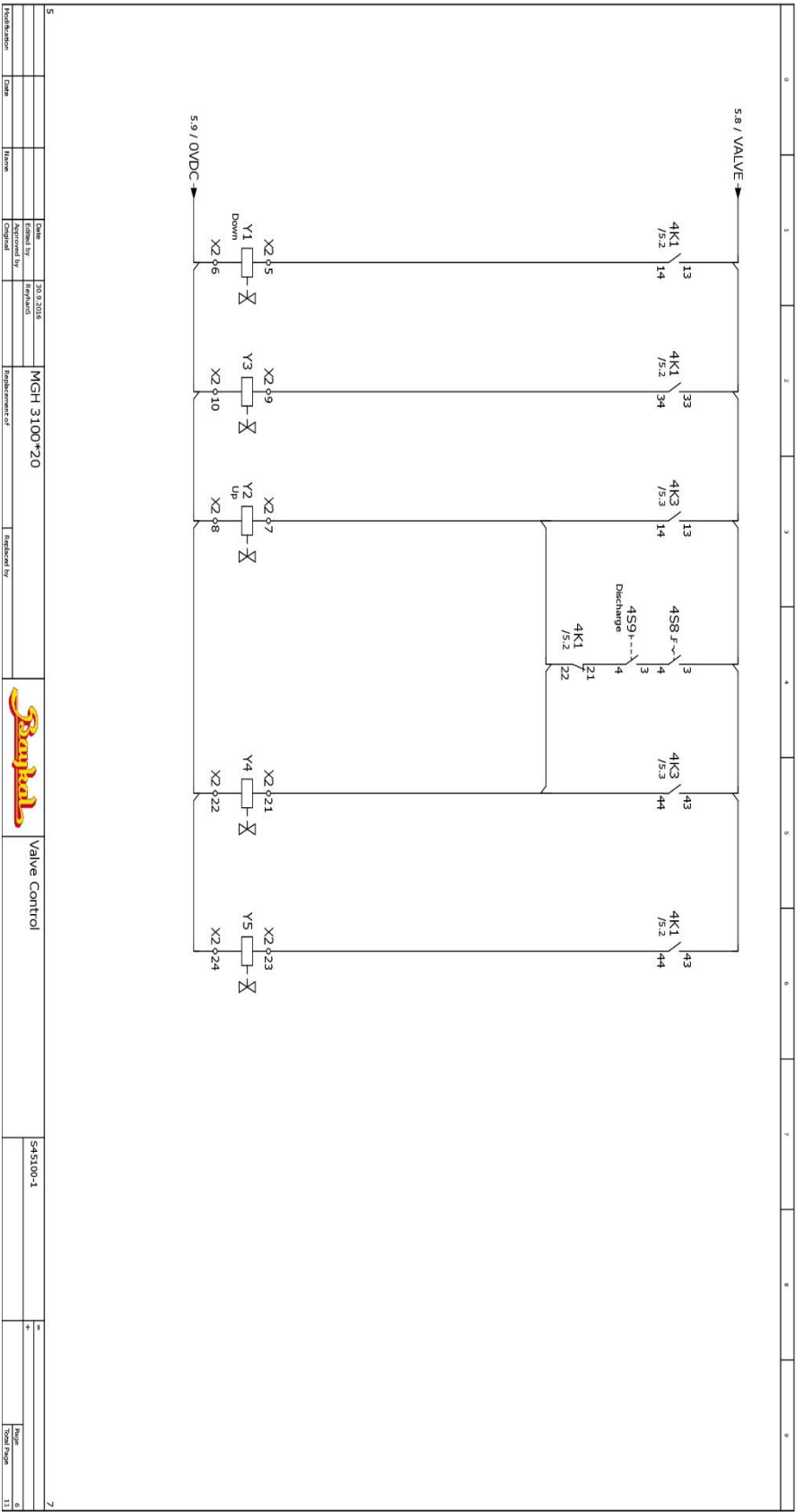
## Circuito Hidráulico -Neumático



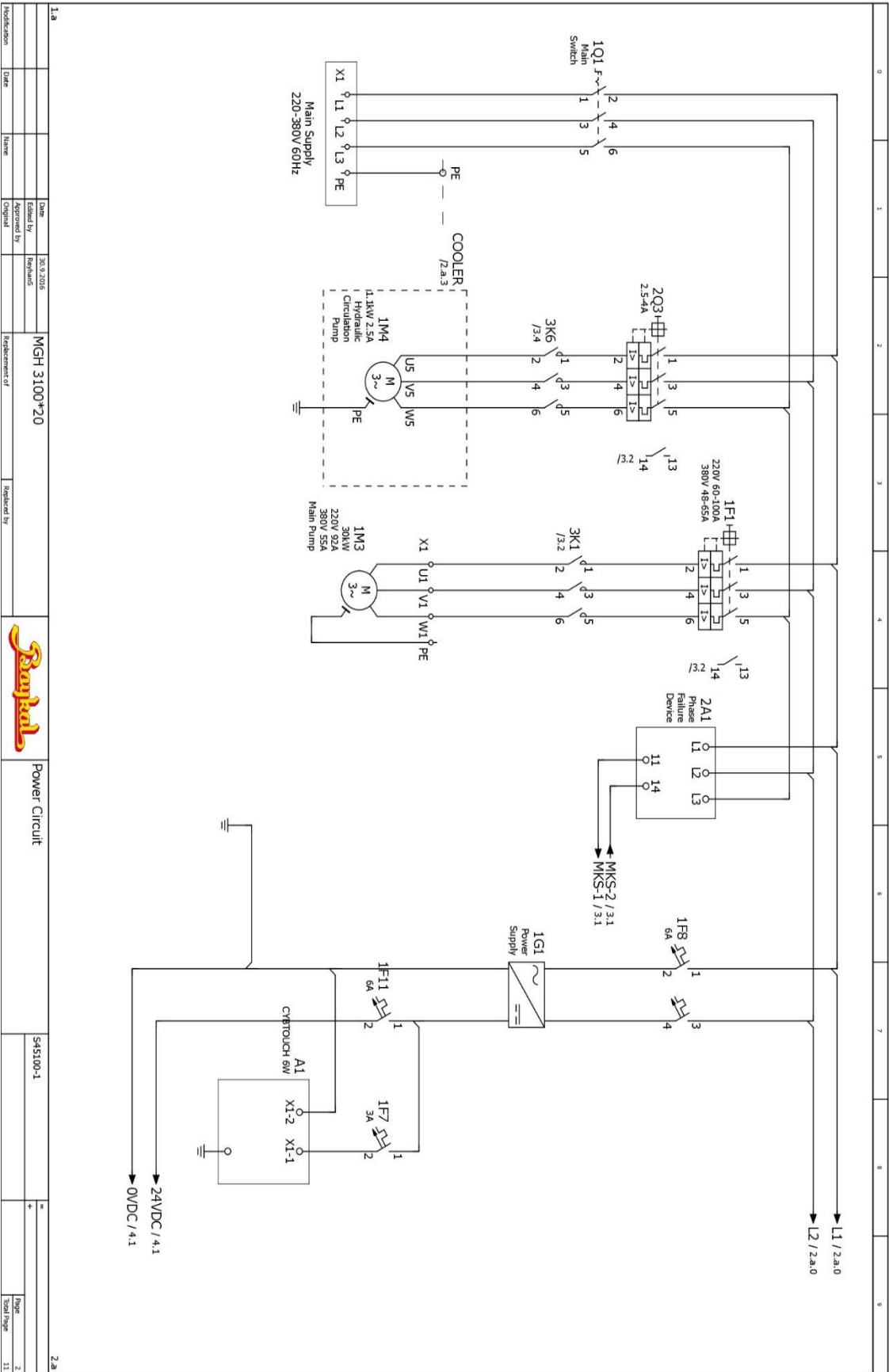
Circuito de control



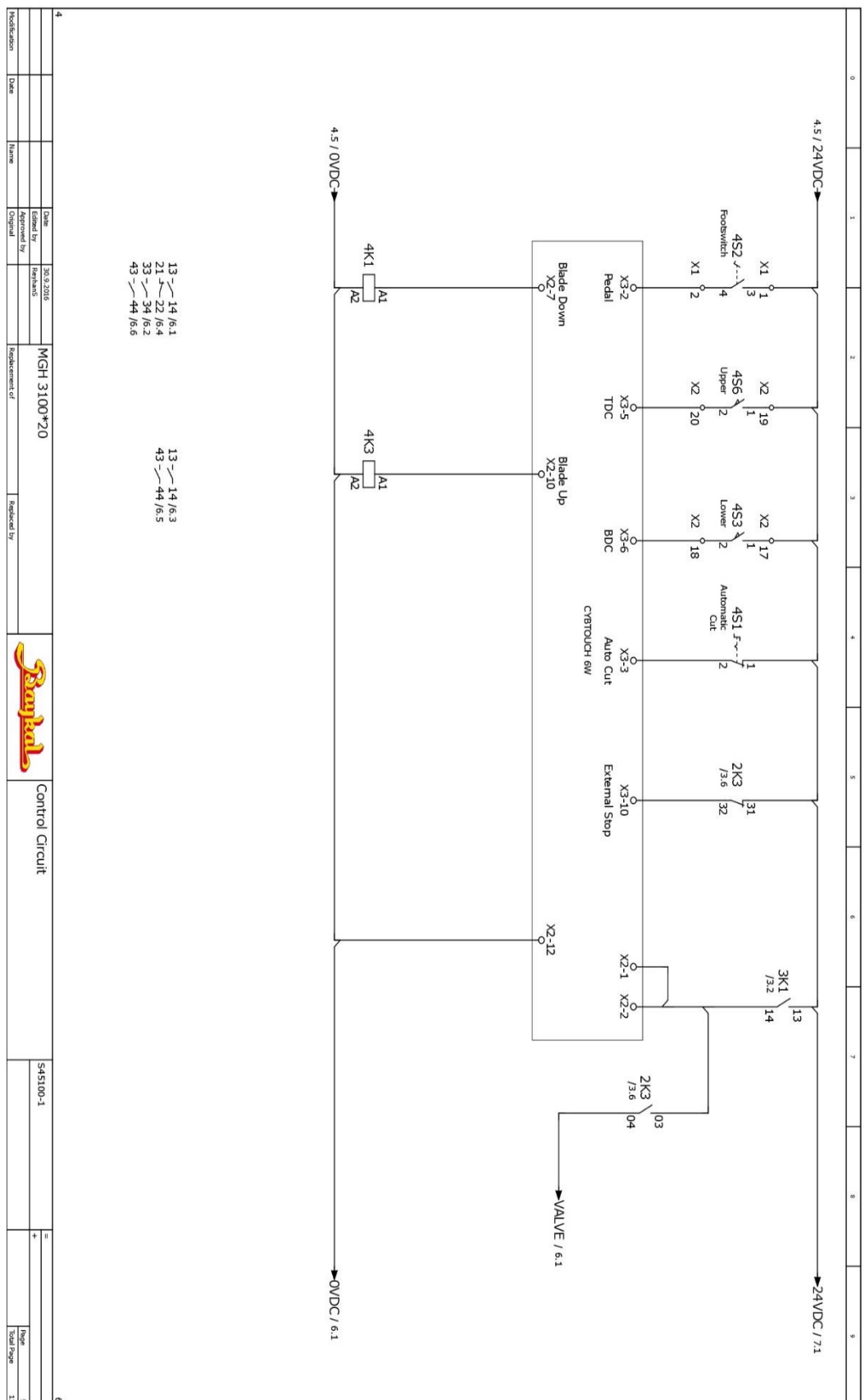
## Diagrama Control de las válvulas



Circuito de fuerza

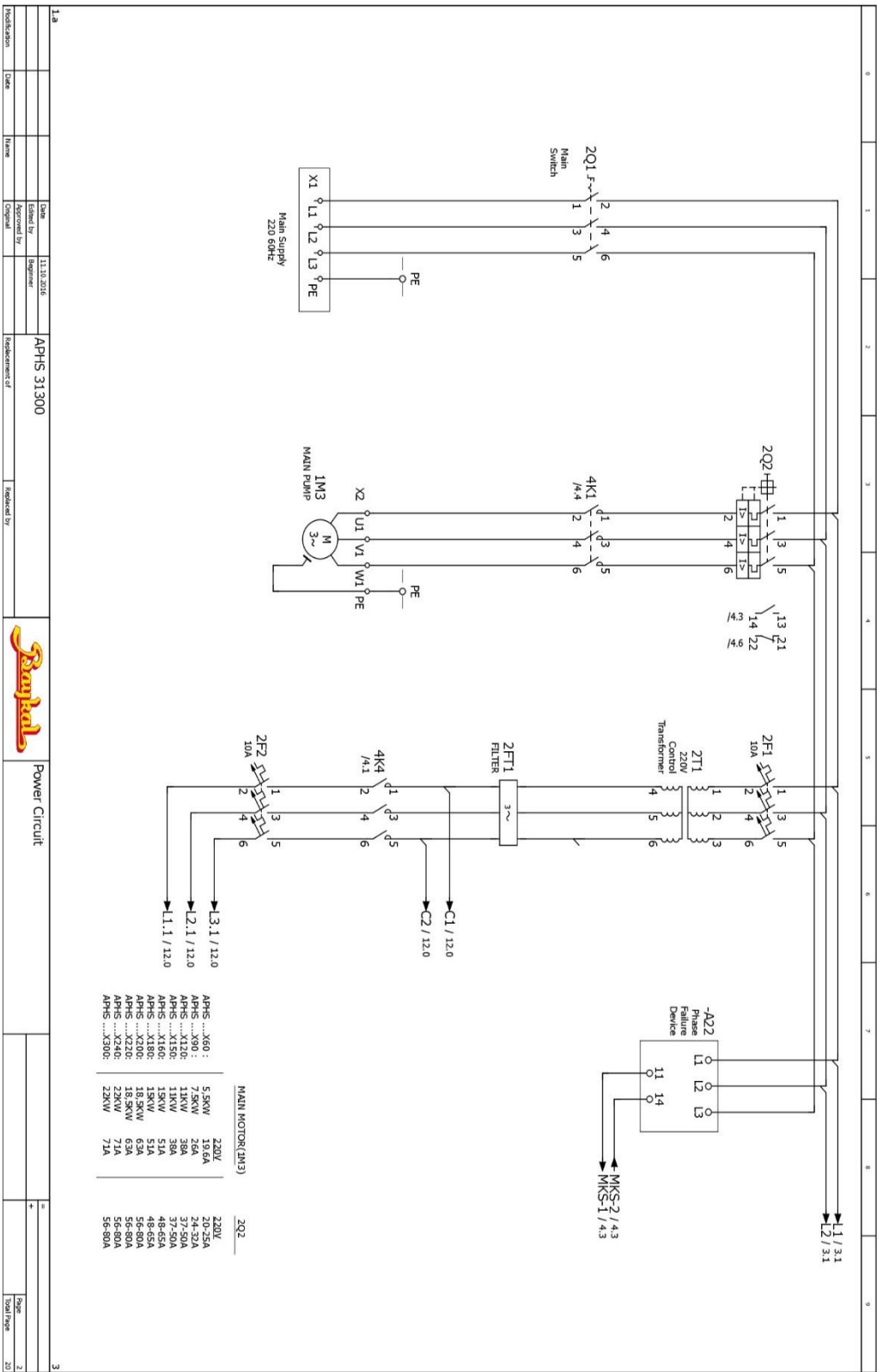


## Circuito de control

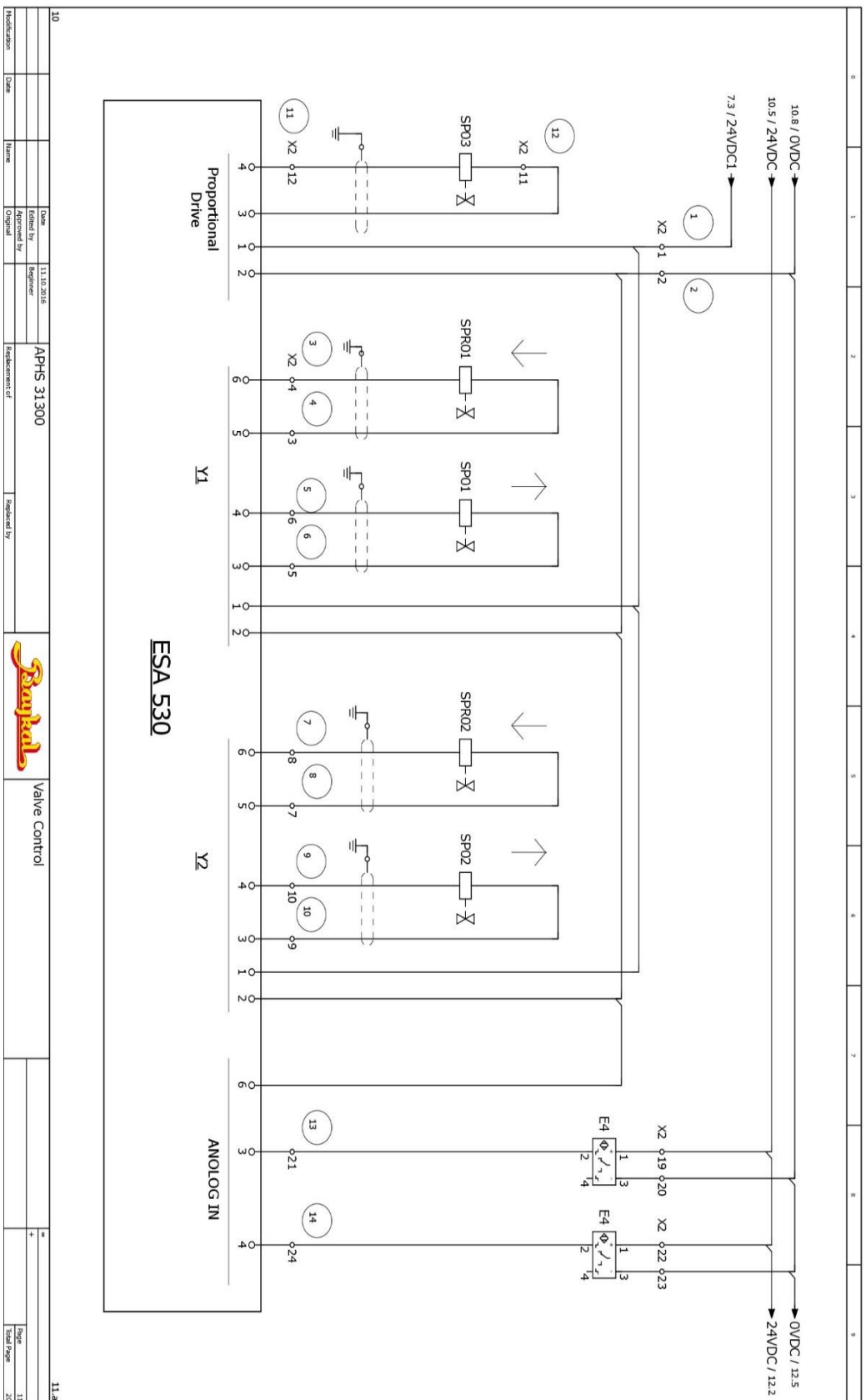


# Máquina Plegadora APHS 31300

## Circuito de Fuerza



## Circuito de control de las válvulas

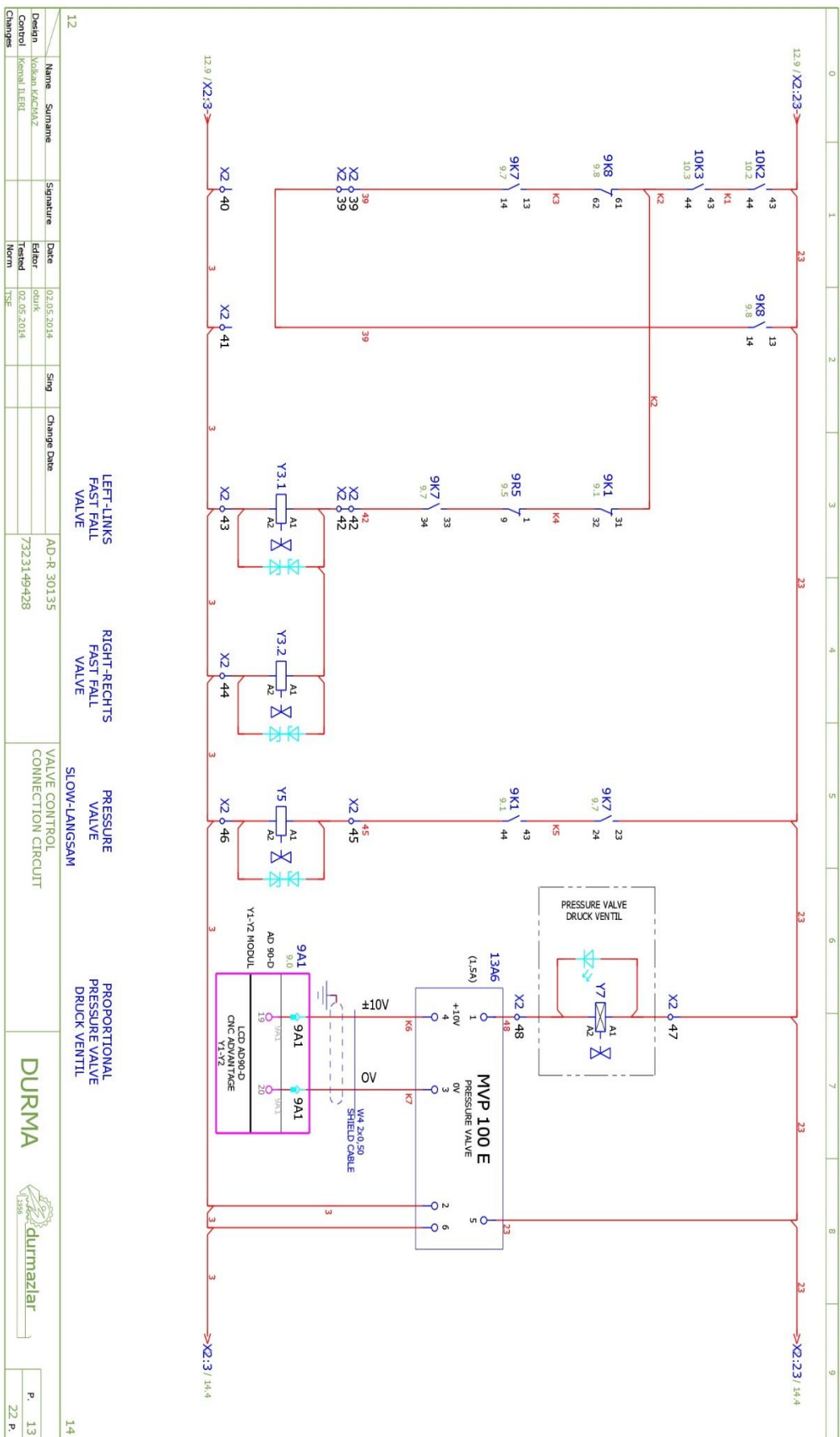








## Circuito de control de las válvulas



## Circuito de control

